



**ANALISIS BEBAN PENDINGIN SISTEM TATA UDARA (STU)  
PADA RUANG LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL DENGAN  
SENSOR LM35 BERBASIS ARDUINO**

**SKRIPSI**

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Dalam Rangka Penyelesaian Studi  
Untuk Mencapai Gelar Sarjana Teknik  
Program Studi Teknik Mesin**

**Oleh :  
FAHMI ALMUBAROK  
NPM. 6413500043**

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL  
2020**

## LEMBAR PERSETUJUAN SKRIPSI

Skripsi yang berjudul “ANALISIS BEBAN PENDINGIN SISTEM TATA UDARA (STU) PADA RUANG LABORATORIUM FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL DENGAN SENSOR LM35 BERBASIS ARDUINO”

Nama penulis : FAHMI ALMUBAROK

NPM : 6413500043

Telah disetujui oleh Dosen Pembimbing untuk dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

Pada hari : RABU  
Tanggal : 12 AGUSTUS 2020

Pembimbing I,

(Dr. Agus Wibowo, S.T.,M.T)  
NIPY. 12651810972

Pembimbing II,

(Ahmad Farid, S.T.,M.T)  
NIPY. 172611101978

## LEMBAR PENGESAHAN KELULUSAN UJIAN

Telah dipertahankan dihadapan Sidang Dewan Penguji Skripsi Fakultas Teknik  
Universitas Pancasakti Tegal.

Pada hari : Rabu

Tanggal : 19 Agustus 2020

### Anggota Penguji

#### Penguji I

Dr. Agus Wibowo, S.T.,M.T.

NIPY. 12651810972

(.....)

#### Penguji II

Hadi Wibowo, S.T.,M.T.

NIP. 20651641971

(.....)

#### Penguji III

M. Fajar Nur Wildani, S.T.,M.T.

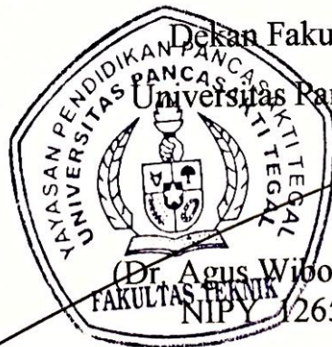
NIPY. 19856101978

(.....)

### Disahkan

Dekan Fakultas Teknik

Universitas Pancasakti Tegal



(Dr. Agus Wibowo, S.T.,M.T.)

NIPY. 12651810972

## **MOTTO DAN PERSEMBAHAN**

### **MOTTO**

1. "Sesungguhnya Allah tidak akan merubah nasib suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan diri mereka sendiri (Q.S. Ar-Ra'd:11)
2. "Allah swt tidak akan membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya" (Q.S.Al-Baqarah:286)
3. Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan sholatmu sebagai penolongmu.
4. Jangan terlalu ambil hati dengan ucapan seseorang, kadang manusia punya mulut tapi belum tentu punya pikiran.
5. Kegagalan bukan akhir dari segalanya, melainkan awal dari kesuksesan.
6. Tulis apa yang kamu kerjakan, kerjakan apa yang kamu tulis.

### **PERSEMBAHAN**

1. Bapak dan Ibu tercinta atas jasa dan doanya.
2. Segenap dosen Fakultas Teknik Prodi Teknik Mesin yang telah membimbing selama proses perkuliahan.
3. Teman-teman seperjuangan TM S1 Pagi Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
4. Rekan kerja BPBD Kota Tegal yang selalu memotivasi.
5. Istriku tercinta atas semua motivasi dan perhatiannya.

## **PRAKATA**

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Beban Pendingin Sistem Tata Udara (STU) Pada Ruang Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal Dengan Sensor LM35 Berbasis Arduino”.

Penulis menyampaikan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini. Ucapan terima kasih penulis berikan kepada :

1. Bapak dan Ibu Penulis yang telah memberikan semangat dan dorongan baik secara moril maupun materil.
2. Dr. Agus Wibowo, S.T., M.T. Dekan Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal sekaligus sebagai dosen pembimbing I yang dengan kesabarannya telah berkenan meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
3. Ahmad Farid, S.T., M.T. Sebagai dosen pembimbing II yang dengan kesabarannya telah berkenan meluangkan waktunya dalam memberikan bimbingan dan saran sehingga skripsi ini dapat diselesaikan.
4. Hadi Wibowo, S.T., M.T. Ketua program pendidikan Teknik Mesin Strata 1 Universitas Pancasakti Tegal.
5. Seluruh dosen Fakultas Teknik khususnya dosen serta staff Tata Usaha program studi Teknik Mesin yang telah membantu selama menyusun skripsi.
6. Seluruh keluarga besar penulis yang telah memberikan semangat dan motivasi serta dukungannya.
7. Teman – teman seperjuangan Fakultas Teknik khususnya progm studi Teknik Mesin angkatan Th. 2013.
8. Dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, yang baik secara langsung maupun tidak langsung telah memberikan bantuan moril dan materil kepada penulis.

Semoga segala bantuan dan dorongan semangat yang telah diberikan kepada penulis mendapat balasan dari Allah SWT.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, penulis mengharapkan kritik dan saran yang membangun, guna penyempurnaan skripsi ini.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua kalangan pada umumnya dan khususnya dunia pendidikan.

Tegal, Agustus 2020

Penulis

## ABSTRAK

Fahmi Almubarak, 2020, " **Analisis Beban Pendingin Sistem Tata Udara (Stu) Pada Ruang Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal Dengan Sensor Lm35 Berbasis Arduino** ", Laporan Skripsi Teknik Mesin S1 Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal 2020.

Salah satu aktivitas utama di universitas adalah belajar. Belajar merupakan salah satu pekerjaan yang bersifat mental, yang membutuhkan kemampuan kognitif dalam menjalaninya. Dalam proses belajar, dibutuhkan kondisi yang optimal, baik dari individu ataupun lingkungan agar aktivitas belajar dapat berjalan dengan baik. Bila lingkungan belajar tidak mendukung, maka proses penyampaian informasi dan kinerja dari pelajar akan berkurang atau tidak tercapai secara optimal. Dalam penelitian ini adalah melakukan inovasi mengukur kebutuhan thermal didalam suatu ruangan dengan penambahan sensor otomatis untuk mendapatkan kenyamanan thermal.

Penelitian ini dilakukan diruang laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal dengan mengukur luas bangunan, beban kalor serta dipasang 1 buah unit AC 2 PK dan sensor LM35 berbasis Arduino.

Hasil pengujian menunjukan beban yang dibutuhkan pada ruang laboratorium yaitu dengan dipasang unit AC 2PK. Unjuk kerja AC yang telah dipasang Sensor maupun sebelum dipasang sensor cenderung stabil, tidak mengalami penurunan performa dengan  $q_e$  175,  $q_c$  210, dan COP 5. Sedangkan untuk konsumsi listrik mengalami penghematan 0,1% - 0,2%.

Kata Kunci : AC, Arduino, , *Efficiency*, Pengkondisian Udara, LM35.

## ABSTRACT

Fahmi Almubarak, 2020, "**Analysis Of Cooling Load Of The Air Conditioning System (Stu) In The Laboratory Room Of The Faculty Of Engineering, Pancasakti Tegal University With Arduino Based Lm35 Sensor**", Thesis Report of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Pancasakti University, Tegal 2020.

One of the main activities at university is studying. Learning is a mental job that requires cognitive abilities to do it. In the learning process, optimal conditions are needed, both from individuals and the environment so that learning activities can run well. If the learning environment is not supportive, the process of delivering information and the performance of students will be reduced or not achieved optimally. In this research is to innovate to measure the thermal demand in a room with the addition of automatic sensors to get thermal comfort.

This research was conducted in the laboratory room of the Faculty of Engineering, Pancasakti University, Tegal by measuring the building area, heat load and installing 1 AC unit 2 PK and Arduino based LM35 sensor.

The test results show the load required in the laboratory room, namely by installing the 2PK AC unit. The performance of the AC that has been installed by the sensor or before the sensor is installed tends to be stable, does not experience a decrease in performance with  $q_e$  175,  $q_c$  210, and COP 5. As for electricity consumption, there is a savings of 0.1% - 0.2%.

Keywords: Air Conditioning, Arduino, Efficiency, LM35.



## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERSETUJUAN.....	ii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN .....	v
PRAKATA.....	vi
ABSTRAK .....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR .....	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN .....	xiii
ARTI LAMBANG DAN SINGKATAN .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN .....	1
A. Latar Belakang Masalah .....	1
B. Batasan Masalah .....	2
C. Rumusan Masalah .....	3
D. Tujuan dan Manfaat.....	3
E. Sistematika Penelitian .....	4
BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA .....	6
A. Landasan Teori. ....	6
B. Tinjauan Pustaka .....	24
BAB III METODE PENELITIAN.....	26
A. Metode Penelitian .....	26
B. Waktu dan Tempat Penelitian .....	27
C. Variabel Penelitian .....	27
D. Metode Pengumpulan Data .....	28
E. Metode Analisis Data .....	28
F. Diagram Alur Penelitian.....	34
G. Gambar Instalasi Pengujian .....	35
H. Instrumen Penelitian .....	36

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....	38
A. Hasil Penelitian.....	38
B. Pembahasan .....	40
BAB V PENUTUP.....	64
A. Kesimpulan.....	64
B. Saran .....	64
DAFTAR PUSTAKA .....	65
LAMPIRAN.....	66

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Siklus Refrigerant .....	9
Gambar 2.2. Thermistor .....	17
Gambar 2.3. Skema Relay Elektromagnetik .....	19
Gambar 2.4. Arduino UNO .....	20
Gambar 2.5. Sensor LM35 .....	21
Gambar 3.1 Instalasi Pengujian.....	33
Gambar 4.1. Denah Ruang Laboratorium FT .....	34
Gambar 4.2 Foto tembok dan Jendela Bag. Barat Lab. FT .....	35
Gambar 4.3 Foto Tembok Bag. Timur Ruang Lab. FT .....	35
Gambar 4.4. Beberapa Sumber Panas Ruang Lab. FT .....	36
Gambar 4.5. Tabel Radiasi Matahari .....	38
Gambar 4.6. Tabel Faktor Transmisi dari Jendela .....	38
Gambar 4.7. Tabel Coefisien Shanding .....	39
Gambar 4.8. Radiasi Matahari Melalui Kaca .....	40
Gambar 4.9. Tabel Untuk Dinding Jenis F yang Terkena Sinar Matahari .....	41
Gambar 4.10 Tabel CFL .....	47
Gambar 4.11 Rangkaian Sistem Pengontrol Suhu .....	52
Gambar 4.12. Penempatan Alat Ukur .....	54

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Perolehan Panas Melalui Jendela Barat .....	39
Tabel 4.2. Total Perhitungan Jendela .....	39
Tabel 4.3. Perolehan Panas Melalui Dinding Sebelah Barat .....	42
Tabel 4.4. Perolehan Dinding Sebelah Timur .....	42
Tabel 4.5. Total Perolehan Panas Seluruh Dinding .....	42
Tabel 4.6. Perolehan Kalor dari Penghuni .....	43
Tabel 4.7. Ruang per Orang .....	43
Tabel 4.8. Perolehan Kalor Sensibel pada 25 Orang yang Duduk Tenang .....	44
Tabel 4.9. Perolehan Kalor Sensibel pada 1 Orang Mengajar .....	44
Tabel 4.10. Total Pengeluaran kalor Pada Manusia .....	45
Tabel 4.11. Pengeluaran Kalor Lampu .....	46
Tabel 4.12. Total Pengeluaran Kalor .....	48
Tabel 4.13. Data Pengujian Pengontrol Suhu AC .....	53
Tabel 4.14. Data Pengujian Konsumsi Listrik .....	54
Tabel 4.15. Kalkulasi Data Temperatur Refrigerant Sebelum dan Sesudah di Pasanga Sensor .....	55
Tabel 4.16. Rekapitulasi Data .....	57

## **DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan dengan Software CoolPack .....	62
Lampiran 2 Foto Dokumentasi.....	65

## LAMBANG DAN SINGKATAN

AC	= Air Conditioner
COP	= <i>Coefisien of Performance</i>
$m$	= Laju Aliran Massa
Qe	= Kapasitas Refrigerasi
Qw	= Kerja Kompresi
P	= Daya Motor Penggerak
I	= Arus
A	= <i>Ampere</i>
CLTD	= <i>Cooling Load Temperature Difference</i>
Kj	= <i>Kilo Joule</i>
CLF	= <i>Cooling Load Factor</i>
KW	= <i>Kilo Watt</i>
LCD	= Liquid Crystal Display
LED	= Light Emitting Diode
PK	= Paard Kracht

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **A. Latar Belakang Masalah**

Universitas Pancasakti Tegal merupakan satu-satunya universitas swasta yang terdapat di Kota Tegal yang dilengkapi dengan beberapa gedung perkuliahan yang memiliki karakteristik bangunan dan desain yang berbeda. Di Gedung Fakultas Teknik terdapat beberapa gedung yang ruangnya belajarnya memiliki pendingin ruangan, baik itu pendingin ruangan alami seperti ventilasi udara ataupun pendingin buatan seperti AC ataupun kipas angin.

Salah satu aktivitas utama di universitas adalah belajar. Belajar merupakan salah satu pekerjaan yang bersifat mental, yang membutuhkan kemampuan kognitif dalam menjalaninya. Kognitif merupakan semua aktivitas mental yang berhubungan dengan persepsi, penalaran, pikiran, ingatan dan pengolahan informasi yang memungkinkan seseorang memperoleh pengetahuan, memecahkan masalah dan merencanakan masa depan (Rahmadani, 2011). Dalam proses belajar, dibutuhkan kondisi yang optimal, baik dari individu ataupun lingkungan agar aktivitas belajar dapat berjalan dengan baik. Bila lingkungan belajar tidak mendukung, maka proses penyampaian informasi dan kinerja dari pelajar akan berkurang atau tidak tercapai secara optimal.

Kenyamanan termal merupakan salah satu unsur kenyamanan yang sangat penting, karena menyangkut kondisi suhu ruangan yang nyaman.

Seperti diketahui, manusia merasakan panas atau dingin merupakan wujud dari sensor perasa pada kulit terhadap stimuli suhu di sekitarnya. Sensor perasa berperan menyampaikan informasi rangsangan kepada otak, dimana otak akan memberikan perintah kepada bagian-bagian tubuh tertentu agar melakukan antisipasi untuk mempertahankan suhu sekitar 37°C. Hal ini diperlukan organ tubuh agar dapat menjalankan fungsinya secara baik (James, 2008: 12).

Analisa beban pendingin yang menerapkan sistem AC otomatis dengan sensor LM35 berbasis arduino ini diharapkan mampu mengendalikan penggunaan energi listrik dan memaksimalkan kinerja AC sebagai alat pendingin ruangan.

Alasan pemilihan lokasi ruang laboratorim Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal karena peneliti mensimulasikan kondisi ruangan masih jauh dari kondisi standar kenyamanan thermal. Argumen ini diperkuat oleh pendapat beberapa mahasiswa yang mengatakan bahwa keadaan ruang laboratorium tersebut “sumpek” dan sedikit pengab sehingga cukup mengganggu kenyamanan aktivitas di dalamnya.

## **B. Batasan Masalah**

Masalah pada penelitian ini dapat meluas pembahasannya, maka perlu kiranya kami berikan batasan masalah sebagai berikut:

1. Satuan dalam penulisan skripsi menggunakan standar satuan SI.
2. Sensor yang digunakan yaitu LM 35 dan Arduino.



3. Pengujian ini dilakukan di ruang Laboatorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.
4. Perhitungan beban pendingin menggunakan metode CLTD (*Cooling Load Temperature Difference*)
5. Tidak membahas program arduino.
6. AC yang digunakan jenis AC split.
7. Jenis Refrigerant yang digunakan yaitu R401A
8. Pengaturan dari penelitian ini sebatas pengaturan suhu AC, beban pendinginan, sistem otomatisasi dan pengontrolan beban listrik.
9. Pengukuran dilakukan selama 3 hari, dimana waktu pengamatan dimulai dari pukul 08.00 s.d 18.00 WIB.

### **C. Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana menganalisis nilai beban pendingin sistem tata udara?
2. Bagaimana efisiensi kinerja, beban listrik dan COP AC pada saat menggunakan Sensor LM 35 berbasis Arduino UNO?

### **D. Tujuan dan Manfaat**

1. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

- a. Dapat melakukan analisis terkait nilai beban pendingin sistem tata udara.

- b. Mengetahui efisiensi, beban listrik dan COP AC setelah menggunakan sensor LM35 berbasis Arduino UNO.

## 2. Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

- a. Menghasilkan produk berupa system AC otomatis dengan pengontrol
- b. Mengetahui beban pendingin yang dibutuhkan.

## E. Sistematika Penulisan

### 1. BAB I PENDAHULUAN

Mencakup latar belakang masalah, batasan masalah, rumusan masalah, tujuan dan manfaat penelitian, dan sistematika penulisan.

### 2. BAB II LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang AC (Air Conditioning), Arduino, sensor suhu LM35, dan kenyamanan thermal.

### 3. BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang metode, waktu, tempat, langkah kerja, *flow chart*, variabel, pengumpulan data, instrumen penelitian dan pengolahan data

### 4. BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi penyajian dan pembahasan data hasil pengujian beban pendingin, pengujian sensor suhu LM35 dan Arduino.

### 5. BAB V PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang diperoleh berdasarkan hasil analisis data dan saran untuk penelitian pada masa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

## **BAB II**

### **LANDASAN TEORI DAN TINJAUAN PUSTAKA**

#### **A. Landasan Teori**

##### **1. Kriteria Sehat dan Nyaman**

Sebuah bangunan didirikan untuk memberikan perlindungan dan lingkungan yang aman dan nyaman, sehingga setiap orang yang berada didalamnya dapat bekerja dengan maksimal. Tubuh manusia adalah suatu organisme yang mampu menyesuaikan diri secara menakjubkan. Dalam jangka waktu yang lama tubuh manusia mampu berfungsi didalam kondisi thermal yang cukup ekstrim. Tetapi karena keanekaragaman suhu dan kelembaban udara luar sering kali berada pada keadaan yang diluar batas kemampuan adaptasi tubuh, oleh karena itu diperlukan kondisi yang baik didalam ruang agar dapat dipertahankan lingkungan yang sehat dan nyaman.

##### **2. Kenyaman Termal**

Salah satu faktor yang mempengaruhi kenyamanan termal adalah kalor dalam tubuh manusia yang diproduksi oleh metabolisme untuk menjaga suhu tubuh agar tetap konstan. Seseorang yang sedang istirahat atau mengerjakan pekerjaan ringan didalam ruang yang terkondisi, tubuhnya mengeluarkan kalor dengan cara konveksi ( dibawa oleh udara sekitar ) dan diradiasikan ke permukaan lingkungan yang suhunya lebih rendah dari suhu tubuhnya. Proses metabolisme tubuh manusia

dipengaruhi oleh faktor usia, berat badan dan tingkat kegiatan yang dilakukan.

Faktor lingkungan yang mempengaruhi kemampuan tubuh menyalurkan kalor adalah suhu udara, suhu permukaan yang ada disekitar, kelembaban dan kecepatan udara. Selain itu jenis pakaian dan tingkat kegiatan yang dilakukan oleh seseorang juga mempengaruhi jumlah kalor yang dikeluarkan oleh tubuh. Jika seseorang memakai pakaian yang wajar maka batas-batas keadaan berikut ini seharusnya dapat diterima : suhu kerja antara 20°C hingga 26°C, kelembaban suhu pengembunan 2°C hingga 17°C dan kecepatan udara rata-rata hingga 0,25 m/detik.

Jika seseorang berada di dalam suatu ruangan tertutup untuk jangka waktu yang lama, dengan aktivitas baik berat maupun ringan dan suhu didalam ruangan dipengaruhi suhu lingkungan diluar ruangan maka akan timbul rasa kurang nyaman. Rasa nyaman atau disebut dengan kenyamanan termal dipengaruhi oleh banyak faktor sebagai berikut :

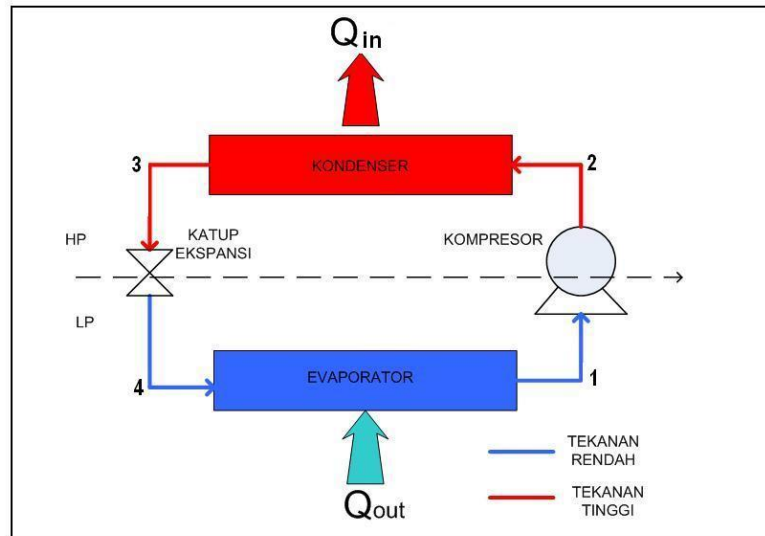
- a. Kondisi fisik seseorang, yaitu gemuk atau kurus seseorang serta kebiasaan sehari-hari seseorang terhadap lingkungan dingin, sejuk, maupun panas.
- b. Pakaian yang digunakan tipis, sedang, atau pakaian lengkap mempengaruhi rasa nyaman terhadap lingkungan.
- c. Aktifitas yang dilakukan seseorang dalam ruangan. Aktivitas berat memerlukan rasa nyaman yang berbeda dengan aktivitas biasa.

Rasa nyaman di samping faktor-faktor tersebut di atas sangat dipengaruhi oleh suhu dan kelembaban udara di dalam ruangan. Rasa nyaman dapat diperoleh apabila suhu berkisar antara 75°F atau sekitar 23°C pada kelembaban 50% sampai 78°F atau sekitar 26°C pada kelembaban 70%. Rekomendasi dari Standar Nasional Indonesia (SNI) 03-6572-2001, menyebutkan bahwa daerah kenyamanan suhu untuk daerah tropis dapat dibagi menjadi :

- a. Sejuk, antara temperatur efektif 20,5°C - 22,8°C dan RH 40% - 60%.
- b. Nyaman, antara temperatur efektif 22,8°C - 25,8°C dan RH 40% - 60%.
- c. Hangat, antara temperatur efektif 25,8°C - 27,1°C dan RH 40% - 60%.

### **3. AC ( Air Conditioning )**

AC atau Air Conditioning merupakan mesin pendingin yang sistem kerjanya berdasarkan siklus refrigerasi kompresi uap. Dimana dalam siklus ini menggunakan refrigerant sebagai fluida kerja untuk mendinginkan sebuah ruangan. Siklus refrigerasi kompresi uap ini menggunakan empat komponen yang berperan penting dalam proses kerjanya, diantaranya yaitu : kompressor, kondensor, katup ekspansi dan evaporator. Prinsip kerja siklus refrigerasi kompresi uap dapat dijelaskan dengan gambar 2.1 berikut ini:



Gambar 2.1 Siklus Refrigerant

(Sumber: Tri Ayodha Ajiwiguna, 2010 )

Udara dari ruangan diserap evaporator untuk di alirkan menuju ke kompresor. Dikompresor refrigeran yang berupa gas dikompresi untuk dinaikkan tekanannya sehingga gas yang awalnya bertekanan rendah menjadi gas yang bertekanan tinggi dan temperatur yang tinggi. Refrigerant gas yang bertekanan tinggi ini kemudian dialirkan menuju ke kondensor untuk didinginkan dan diubah menjadi cairan yang bertekanan rendah. Refrigerant kemudian memasuki katub ekspansi, dimana tekanan refrigerant turun drastis ke tingkat yang lebih rendah dan temperatur yang lebih rendah. Refrigerant yang sudah berupa uap bertekanan rendah dan bertemperatur rendah ini kemudian memasuki evaporator untuk didistribusikan keruangan yang dikondisikan.

Untuk lebih jelasnya berikut akan dijelaskan fungsi dari komponen AC ( *Air Conditioning* ):

a. Evaporator

Refrigerant menyerap panas dalam ruangan melalui kumparan pendingin dan kipas evaporator meniupkan udara dingin ke dalam ruangan. Refrigerant dalam evaporator mulai berubah kembali menjadi uap bertekanan rendah yang masih mengandung sedikit cairan. Sebelum melalui kompresor untuk memperoleh tekanan dan beredar dalam sistem, didalam evaporator dipasang silikon yang berfungsi untuk menyerap kelembapan dari refrigerant.

b. Kompresor

Kompresor merupakan unit tenaga dalam system AC dimana kompresor berperan sebagai unit penghisap, penekanan dan pemompa. Refrigerant dari evaporator dikondensasi dalam temperatur yang rendah ketika tekanan refrigerant dinaikkan sehingga refrigeran menjadi bertekanan tinggi. Sedangkan kompresor sebagai pemompa yaitu untuk mensirkulasikan refrigeran berdasarkan hisapan dan kompresi.

c. Kondensor

Didalam kondensor, refrigerant yang sudah dimampatkan akan mengalami perubahan fase dari fase uap menjadi fase cair. Di kondensor refrigerant dikondensasikan dan diturunkan tekanannya serta temperaturnya. Kondensor melakukannya dengan menghilangkan panas dari refrigerant ke temperature atmosfer. Kondensor terdiri dari coil dan fan yang berfungsi mendinginkan refrigerant.



d. Katub ekspansi

Refrigerant dari kondensor menuju katub ekspansi untuk diturunkan tekanan dan temperaturnya menjadi lebih rendah dari sebelumnya. Dengan demikian penyerapan panas dan perubahan bentuk zat pendingin dari cair menjadi gas akan berlangsung dengan sempurna sebelum keluar evaporator untuk didistribusikan ke ruangan yang dikondisikan.

#### **4. Komponen Kelistrikan pada AC Split**

Komponen kelistrikan pada AC Split terdiri dari unit outdoor dan unit indoor. Secara umum komponen kelistrikan pada AC split unit indoor terdiri dari fuse, motor blower, motor stepping, kapasitor, sensor temperatur, modul control elektronik, panel indikator, remote. Sedangkan komponen kelistrikan AC split unit outdoor terdiri dari kapasitor, motor fan kondensor, motor kompressor, overload protektor, dan kontaktor. Berikut adalah penjelasan dari masing-masing komponen kelistrikan AC Split unit indoor :

**a. Motor Blower**

Motor blower berfungsi untuk mensirkulasikan udara dalam ruangan. Motor blower akan bekerja sampai temperatur udara ruangan sesuai dengan set point.

**b. Fuse**

Energi listrik sebelum masuk komponen kelistrikan AC, pertama kali adalah melewati fuse. Fuse merupakan komponen yang

berfungsi sebagai pengaman apabila terjadi kerusakan atau short pada rangkaian kelistrikan AC split sehingga bahaya kebakaran dapat dihindari.

**c. Capacitor**

Kapasitor berfungsi menggerakkan motor blower saat running atau sebagai starting kapasitor.

**d. Motor Stepping**

Motor stepping berfungsi untuk mengarahkan hembusan udara dari blower ke dalam ruangan yang dikondisikan.

**e. Sensor Temperatur (Thermistor)**

Thermistor merupakan sensor temperatur yang berfungsi untuk membaca temperatur ruang ketika AC dinyalakan. Thermistor dirancang agar memiliki tahanan yang nilainya semakin mengecil ketika temperatur bertambah. Hasil output dari thermistor diproses oleh modul kontrol elektronik untuk menjalankan sistem refrigerasi dengan temperature yang sesuai dengan set point. Thermistor biasanya dipasang di bagian pipa evaporator AC Split. Thermistor dibuat dari bahan semikonduktor yang dibuat dalam beberapa bentuk, seperti piringan, batangan, atau butiran, tergantung dari pabrikan AC.

**f. Modul Kontrol Elektronik**

Modul kontrol elektronik berfungsi sebagai kontroler yang mengatur kerja keseluruhan unit AC. Modul control menerima input dari remote control untuk menjalankan perintah sesuai dengan yang

dikehendaki misalnya seperti mengontrol kecepatan blower indoor, mengontrol pergerakan swing motor stepper, mengatur temperatur, timer pengoperasian, mengontrol kerja compressor sampai menyalakan atau menonaktifkan AC. Di dalam komponen PCB Kontrol terdiri dari bermacam-macam rangkaian elektronik yang mendukung sistem kerja AC seperti resistor, kapasitor, IC, rom, trafo, fuse dan MCB.

**g. Panel Indikator**

Panel Indikator berfungsi sebagai display dari status proses kerja unit AC Split.

**h. Remote**

Remote kontrol merupakan media yang berfungsi untuk mengatur kerja AC split agar AC bekerja pada temperatur yang diinginkan. Selain itu dengan remote kontrol juga dapat mengatur timer, kecepatan blower indoor dan pengaturan arah motor swing.

Komponen kelistrikan pada AC unit outdoor adalah sebagai berikut:

**a. Kapasitor**

Kapasitor berfungsi sebagai penyimpanan muatan listrik sementara. Kapasitor pada AC Split outdoor difungsikan sebagai starting kapasitor yaitu penggerak kompresor pertama kali. waktu yang dibutuhkan tergantung dari kapasitas pada kapasitor. Setelah motor kompresor mencapai putaran penuh, secara otomatis hubungan listrik pada kapasitor akan dilepas, dan digantikan dengan hubungan langsung dari PLN. Kapasitor akan mengisi kembali muatan dan akan

digunakan kembali sewaktu-waktu ketika kompresor AC dinyalakan. Pada unit AC Split outdoor terdapat dua starting kapasitor, yaitu sebagai penggerak kompresor dan motor kipas (fan) kondensor. Pada kompresor AC dengan kapasitas 0.5 sampai 2 PK memiliki start kapasitor berukuran 15-50 nF. Pada motor kipas (fan) memiliki start kapasitor berukuran 1 sampai 4 nF.

**b. Motor Fan Condensor**

Motor fan berfungsi untuk menggerakkan kipas kondensor pada unit outdoor yang digerakkan oleh start kapasitor pertama kali sampai mencapai putaran penuh kemudian dilanjutkan dengan arus listrik PLN. Bentuk dan ukuran motor fan outdoor berbeda-beda tergantung besar kapasitas AC Split.

**c. Motor Compressor**

Mesin kompresor dapat bekerja karena mendapat supply tegangan dari motor kompresor. Motor kompresor dikemas menjadi satu unit dengan kompresornya. Ketika Motor listrik bekerja, kompresor akan mengkompresi refrigerant dan mensirkulasikannya menuju ke seluruh bagian system pendingin.

**d. Overload Protektor**

Overload motor protektor ( OMP ) berfungsi sebagai pengaman motor listrik kompresor. Biasanya terdapat pada jenis kompresor hermatik yang menggunakan motor sebagai penggerakannya. Kerja OMP dikendalikan oleh sensor panas yang terbuat dari bimetal. Batang

bimetal inilah yang membuka dan menutup arus listrik secara otomatis ke motor listrik seperti saklar. Ketika bimetal dilewati arus listrik tinggi secara terus menerus atau kondisi kompresor yang terlalu panas, bimetal akan membuka sehingga arus listrik menuju kompresor akan putus. Begitu juga sebaliknya, ketika suhu kompresor turun, bimetal akan menutup, arus listrik akan mengalir menuju kompresor sehingga kompresor akan kembali bekerja.

#### **e. Kontaktor**

Kontaktor pada AC Split berfungsi untuk menghubungkan Motor kompresor dengan sumber listrik. Kerja kontaktor dikendalikan oleh modul control elektronik pada bagian indoor.

### **5. Thermistor**

Thermistor adalah komponen elektronik yang telah dikembangkan berdasarkan prinsip tahanan semikonduktor yang berubah dengan adanya perubahan temperatur. Thermistor berasal dari kata “ *thermal resistor*”. Prinsipnya adalah memberikan perubahan resistansi yang sebanding dengan perubahan suhu. Perubahan resistansi yang besar terhadap perubahan suhu yang relatif kecil menjadikan termistor banyak dipakai sebagai sensor suhu yang memiliki ketelitian dan ketepatan yang tinggi.

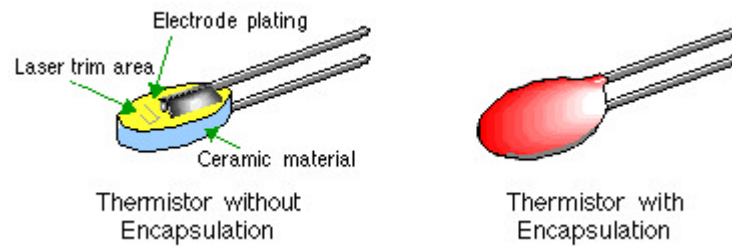
Karakteristik thermistor dipengaruhi oleh bahan pembentuknya. Thermistor dibentuk dari campuran bahan oksida logam (*sintering mixture*) seperti kromium, kobalt, tembaga, besi, atau nikel. Karena thermistor merupakan salah satu jenis sensor suhu yang mempunyai

koefisien temperature yang tinggi, maka pemilihan bahan oksida tersebut harus dengan perbandingan tertentu.

Terdapat dua jenis thermistor yaitu PTC ( *Positive Temperature Coefficient* ), termistor yang mempunyai koefisien positif dan NTC ( *Negative Temperature Coefficient* ), thermistor yang mempunyai koefisien negatif. Kedua jenis termistor ini memiliki keunggulan dan manfaat yang membuat keduanya dipercaya dalam pengukuran.

Thermistor NTC merupakan semikonduktor yang terbuat dari campuran oksida logam dari nikel, mangan, tembaga, kobalt, timah, uranium, seng, besi, magnesium, titanium dan bahan kimia lain yang dapat merespon temperatur diatas 1800<sup>0</sup>F atau 982<sup>0</sup>C. Oksida-oksida ini sebenarnya mempunyai resistansi yang sangat tinggi, tetapi dapat diubah menjadi bahan semikonduktor dengan menambahkan beberapa unsur lain yang mempunyai valensi yang berbeda disebut dengan doping dan pengaruh dari resistansinya dipengaruhi perubahan temperatur yang diberikan.

Bahan semikonduktor tertentu digunakan untuk bervariasi untuk mengakomodasi range temperatur, sensitivitas, range tahanan, dan faktor lainnya. Perangkat ini biasanya diproduksi secara massa untuk konfigurasi tertentu, dan tabel serta grafik tahanan versus suhu disediakan untuk tujuan kalibrasi.



Gambar 2.2 Thermistor

(Sumber: <https://www.capgo.com/Resources/Temperature/Thermistor.html>)

Karena termistor adalah semikonduktor penting, maka dapat dibuat dalam berbagai bentuk. Sehingga, bentuk umum seperti disk, manik-manik, batang bervariasi dalam ukuran dari bentuk manik berdiameter 1mm sampai diameter beberapa centimeter. Dengan variasi doping dan menggunakan bahan semikonduktor yang berbeda, akan diperoleh harga tahanan dengan range yang lebar pada suhu tertentu.

Sensitivitas termistor adalah faktor penting dalam aplikasi. Perubahan tahanan 10% per  $^{\circ}\text{C}$  adalah tidak umum. Sehingga termistor dengan tahanan nominal  $10\text{K}\Omega$  pada suhu yang sama dapat berubah dengan  $1\text{K}\Omega$  untuk perubahan suhu  $1^{\circ}\text{C}$ . Ketika digunakan dalam rangkaian jembatan pendeteksi nol, sensitivitas dapat memberikan kontrol, pada prinsipnya kurang dari  $1^{\circ}\text{C}$ .

Waktu respon sebuah termistor tergantung pada jumlah bahan yang digunakan dan keadaan lingkungan. Sehingga, untuk termistor berbentuk manik, responnya adalah 0.5 detik. Termistor yang sama pada udara mempunyai waktu respon 10 detik. Ketika dilindungi dalam teflon atau

bahan yang lain untuk perlindungan melawan keadaan lingkungan, waktu respon akan meningkat.

## 6. Komparator

Komparator adalah salah satu aplikasi dari op-amp (*operational amplifier*), dimana memiliki fungsi membandingkan besar dua potensial yang diberikan. Penguat operasional (*Operational amplifier*) atau yang biasa disebut op-amp merupakan suatu komponen elektronika berupa sirkuit terintegrasi (*integrated circuit* atau IC) yang terdiri atas bagian differensial amplifier, common emitter amplifier dan bagian push-pull amplifier. Bagian output Op-amp ini biasanya dikendalikan dengan umpan balik negative (*negative feedback*) karena nilai gain-nya yang tinggi.

## 7. Relay

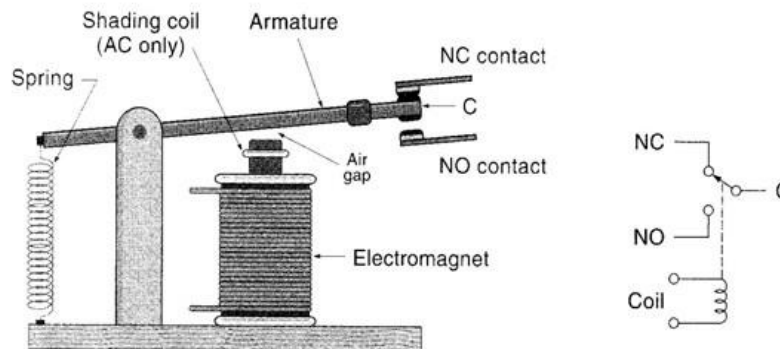
Relay adalah saklar elektronik yang didasarkan atas elektrik dan mekanik. Kontrol elektrik diterapkan untuk mendapatkan gerakan mekanik. Sebagai elektrik adalah komponen yang dikendalikan oleh arus.

Pada dasarnya, relay terdiri dari lilitan kawat pada suatu inti besi lunak berubah dari magnet yang menarik atau menolak suatu pegas sehingga kontak pun menutup atau membuka. Ada banyak tipe relay yang konstruksinya juga berbeda tergantung jenis kontakannya.

Relay terdiri dari coil dan contact. Perhatikan gambar dibawah ini coil adalah gulungan kawat yang mendapat aruslistrik, sedang contact adalah sejenis saklar yang pergerakannya tergantung dari ada tidaknya arus listrik di coil. Contact ada 2 jenis : Normally Open (kondisiawal



sebelum diaktifkan open), dan Normally Closed (kondisi awal sebelum diaktifkan close). Secara sederhana berikut ini prinsip kerja dari relay: ketika Coil mendapat energi listrik akan timbul gaya elektromagnet yang akan menarik armature yang berpegas, dan contact akan menutup.



Gambar 2.3 Skema Relay Elektromagnetik

(Sumber: <https://sejarahrelay.wordpress.com/2016/07/03/relay/>)

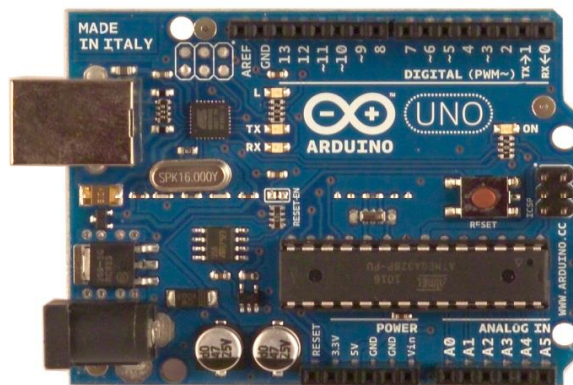
## 8. Arduino UNO

**Arduino** dikatakan sebagai sebuah *platform* dari *physical computing* yang bersifat *open source*. Pertama-tama perlu dipahami bahwa kata “platform” di sini adalah sebuah pilihan kata yang tepat. Arduino tidak hanya sekedar sebuah alat pengembangan, tetapi ia adalah kombinasi dari hardware, bahasa pemrograman dan **Integrated Development Environment (IDE)** yang canggih.

IDE adalah sebuah software yang sangat berperan untuk menulis program, meng-*compile* menjadi kode biner dan meng-*upload* ke dalam *memory* microcontroller. Ada banyak projek dan alat-alat dikembangkan oleh akademisi dan profesional dengan menggunakan Arduino, selain itu juga ada banyak modul-modul pendukung (sensor, tampilan, penggerak

dan sebagainya) yang dibuat oleh pihak lain untuk bisa disambungkan dengan Arduino. Arduino berevolusi menjadi sebuah platform karena ia menjadi pilihan dan acuan bagi banyak praktisi. Sifat arduino yaitu open source, baik untuk hardware maupun software-nya. Secara umum Arduino terdiri dari dua bagian, yaitu:

- a. Hardware, papan input/output (I/O)
- b. Software, Software Arduino meliputi IDE untuk menulis program, *driver* untuk koneksi dengan komputer, contoh program dan *library* untuk pengembangan program.



Gambar 2.4 Arduino UNO

(Sumber: Feri Djuandi, 2011)

Komponen utama di dalam papan Arduino adalah sebuah microcontroller 8 bit dengan merk **ATmega** yang dibuat oleh perusahaan **Atmel Corporation**. Berbagai papan Arduino menggunakan tipe ATmega yang berbeda-beda tergantung dari spesifikasinya, sebagai contoh Arduino Uno menggunakan ATmega328 sedangkan Arduino Mega 2560 yang lebih canggih menggunakan ATmega2560.

## 9. Sensor Suhu LM35

Sensor suhu LM35 adalah komponen elektronika yang memiliki fungsi untuk mengubah besaran suhu menjadi besaran listrik dalam bentuk tegangan. Sensor Suhu LM35 yang dipakai dalam penelitian ini berupa komponen elektronika elektronika yang diproduksi oleh *National Semiconductor*.

LM35 memiliki keakuratan tinggi dan kemudahan perancangan jika dibandingkan dengan sensor suhu yang lain, LM35 juga mempunyai keluaran impedansi yang rendah dan linieritas yang tinggi sehingga dapat dengan mudah dihubungkan dengan rangkaian kendali khusus serta tidak memerlukan penyetelan lanjutan. Meskipun tegangan sensor ini dapat mencapai 30 volt akan tetapi yang diberikan kesensor adalah sebesar 5volt, sehingga dapat digunakan dengan catu daya tunggal dengan ketentuan bahwa LM35 hanya membutuhkan arus sebesar 60  $\mu\text{A}$  hal ini berarti LM35 mempunyai kemampuan menghasilkan panas (*self-heating*) dari sensor yang dapat menyebabkan kesalahan pembacaan yang rendah yaitu kurang dari 0,5 °C pada suhu 25 °C .



Gambar 2.5 Sensor LM35  
(Sumber: Jurnal Teknologi Ambar Tri Utomo, 2011 : 154 )

Gambar 2.5 LM35 tampak depan dan tampak bawah. 3 pin LM35 menunjukkan fungsi masing-masing pin diantaranya, pin 1 berfungsi sebagai sumber tegangan kerja dari LM35, pin 2 atau tengah digunakan sebagai tegangan keluaran atau Volt dengan jangkauan kerja dari 0 Volt sampai dengan 1,5 Volt dengan tegangan operasi sensor LM35 yang dapat digunakan antara 4 Volt sampai 30 Volt. Keluaran sensor ini akan naik sebesar 10 mV setiap derajat *celcius* sehingga diperoleh persamaan sebagai berikut :  $V_{LM35} = \text{Suhu} \times 10 \text{ mV} \dots\dots\dots (1)$ .

Secara prinsip sensor akan melakukan penginderaan pada saat perubahan suhu setiap suhu 1 °C akan menunjukkan tegangan sebesar 10 mV. Pada penempatannya LM35 dapat ditempelkan dengan perekat atau dapat pula disemen pada permukaan akan tetapi suhunya akan sedikit berkurang sekitar 0,01 °C karena terserap pada suhu permukaan tersebut.

Dengan cara seperti ini diharapkan selisih antara suhu udara dan suhu permukaan dapat dideteksi oleh sensor LM35 sama dengan suhu disekitarnya, jika suhu udara disekitarnya jauh lebih tinggi atau jauh lebih rendah dari suhu permukaan, maka LM35 berada pada suhu permukaan dan suhu udara disekitarnya .

## **10. Beban kalor dari luar ruangan**

### **a. Beban kalor dari sinar matahari melalui kaca jendela**

Beban kalor dari sinar matahari secara langsung, terjadi karena proses penyerapan dan transmisi sinar matahari kedalam ruangan yang di kondisikan melalui kaca.

Perolehan panas melalui jendela:

$$q_{sg} = [A \cdot I_T \cdot \tau \cdot (\text{shading})]_{BARAT} + [A \cdot I_T \cdot \tau \cdot (\text{shading})]_{TIMUR}$$

(Sumber : Stoecker, W.F dan Jones, J.W, 1982

keterangan :

A = luas total jendela ( m<sup>2</sup> )

I<sub>T</sub> = radiasi matahari pada daerah tertentu

τ = factor transmisi

shading = factor bayangan

#### **b. Beban kalor dari sinar matahari melalui dinding**

Laju perpindahan kalor melalui dinding dinyatakan sebagai berikut :

$$q_W = [UA(CLTD)]_{BARAT} + [UA(CLTD)]_{TIMUR} + [UA(CLTD)]_{UTARA}$$

(Sumber : Stoecker, W.F dan Jones, J.W, 1982)

*Keterangan :*

A = Luas total dinding

U = Concrete Blok

CLTD = Cooling Load Temperatur Difference

#### **c. Beban Kalor Dari Dalam Ruangan**

Terjadinya peningkatan panas sensible dan laten pada suatu ruangan dapat disebabkan oleh factor internal dari ruangan tersebut, factor tersebut meliputi: Beban Kalor Dari Penghuni Ruangan Kalor yang dikeluarkan akibat dari metabolisme tubuh manusia dipengaruhi oleh aktifitas manusia dan temperature ruang tersebut.

#### d. Beban Kalor Dari Lampu

Jumlah kalor dari dalam ruangan yang disebabkan oleh penerangan/lampu tergantung pada daya dari lampudan jenis/cara pemasanganya. Persamaan untuk menghitung beban kalor dari lampu adalah (Stoecker WF dan Jerold W Jones, 1982, hal 67) :

$$Q_{S4} = (\text{daya lampu, Watt}) \cdot (F_u) \cdot (F_b) \cdot (CLF)$$

Dimana :

$F_u$  = Faktor penghuni/lampu yang terpasang.

$F_b$  = Faktor ballast untuk lampu

*Fluorescent* = 1,2

CLF = Faktor beban pendinginan

### B. Tinjauan Pustaka

1. Stocker, (1994) menjelaskan “*Mengondisikan udara adalah perlakuan terhadap udara untuk mengatur suhu, kelembaban, kebersihan dan pendistribusiannya secara simultan guna mencapai kondisi nyaman yang dibutuhkan oleh penghuni yang ada didalamnya*”. Dari penelitian tersebut dapat dikeumkakan bahwa:

Pengkondisian udara merupakan salah satu aplikasi dari refrigerasi.

Refrigerasi adalah proses penurunan temperature dan menjaga agar temperature ruang/material tetap dibawah temperature lingkungannya.

2. Sinaga, N. [1984] menjelaskan “*peluang penghematan energi pada suatu system pengkondisian udara dapat dilakukan melalui ; penghematan*

*energi pada mesin pendingin, dan penghematan energi pada sistem distribusi udara*”. Dari Penelitian tersebut dapat dikemukakan bahwa:

Peluang penghematan energi pada mesin pendingin dapat dilakukan anatara lain; dengan meninjau kembali letak dan posisi evaporator dan kondensor dari mesin AC, apabila letak kedua komponen tersebut terlalu jauh akan menyebabkan meningkatnya nilai losses pada system pemipaan; memperhatikan peletakan kondensor yang ada diluar ruangan, karena peletakan kondensor yang tidak efektif dan tidak terlindungi akan menyebabkan terjadinya penggunaan energi yang berlebihan pada mesin AC.

3. Nugroho.W [1990], Menjelaskan “*penghematan energi pada system tata udara bangunan jadi ( Existing Building), dapat dilakukan dengan beberapa metoda antara lain: metoda pengendalian operasi; metoda pemeliharaan dan pengelolaan; serta metoda dengan modifikasi. Dua metoda pertama lebih disenangi, karena tidak membutuhkan banyak peubahan pada peralatan yang ada*”.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

#### **A. Metodologi Penelitian**

Metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah pada Proyek Akhir ini adalah:

##### **1. Studi Literatur**

Studi literatur merupakan pembelajaran dari sumber bacaan yang mendukung dalam perancangan sistem ini. Adapun referensi yang dipakai adalah buku, jurnal, *website* dan referensi lain yang relevan. Semua sumber tersebut digunakan supaya proses analisa beban pendingin dengan menerapkan system tambahan yaitu sensor LM35 serta arduino ini dapat berlangsung dengan baik dan menghasilkan hasil yang memuaskan.

##### **2. Metode Terapan**

Metode ini dilakukan karena hasil yang diperoleh pada penelitian ini adalah suatu perangkat yang dapat dipakai secara langsung serta merupakan hasil pengembangan dari ide yang didukung oleh berbagai mata kuliah yang telah diperoleh selama pendidikan di Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

##### **3. Analisa Masalah**

Dengan jalan menganalisa semua permasalahan yang ada berdasarkan sumber-sumber yang ada dan berdasarkan pengamatan terhadap masalah tersebut.



#### 4. Perancangan dan Pembuatan Rangkaian

Yaitu membuat rancangan-rancangan kemudian merealisasikan rancangan tersebut ke dalam suatu rangkaian.

#### 5. Simulasi Sistem

Setelah tahap perancangan, tahap selanjutnya adalah melakukan simulasi sistem untuk melihat kinerja sistem tersebut.

### **B. Waktu dan Tempat Penelitian**

#### **1. Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan dengan waktu tentatif sesuai kondisi lingkungan yang memungkinkan.

#### **2. Tempat Penelitian**

Sebagian besar proses penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

### **C. Variabel Penelitian**

#### **1. Variabel Terkontrol**

Variabel control dalam penelitian ini :

- a. Sensor LM35
- b. Suhu Ruangan (26°C – 28°C) dan Ruang Lab. Fakultas Teknik.

#### **2. Variabel Terikat**

Variabel terikat dalam penelitian ini adalah beban pendingin sistem tata udara COP dan konsumsi listrik.

### **3. Variabel Bebas**

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah beban AC dengan menggunakan sensor LM35 berbasis arduino UNO dan AC yang tidak menggunakan sensor.

## **D. Metode Pengumpulan Data**

### **1. Eksperimen**

Cara ini digunakan untuk menguji coba variabel-variabel pada penelitian ini, sehingga dapat diketahui hubungan antara satu variabel dengan variabel yang lain.

Dalam penelitian ini data yang akan diambil berupa data daya output dari AC yang disesuaikan kebutuhan seberapa besar daya yang diperlukan didalam ruangan tersebut.

### **2. Studi Pustaka**

Studi pustaka dilakukan dengan mencari buku, jurnal, dan artikel bebas diinternet, kemudian pustaka tersebut dijadikan referensi untuk penelitian ini.

## **E. Metode Analisa Data**

Sistem pengkondisian udara dapat dianalisa apakah nilai-nilai berdasarkan pengamatan dan perhitungan telah memenuhi persyaratan efisien atau tidak. Berikut adalah tabel rencana pengambilan data pada proses analisis beban pendingin:

## 1. Radiasi Surya

- a. Perolehan panas melalui jendela:

$$q_{sg} = [A \cdot I_T \cdot \tau \cdot (\text{shading})]_{BARAT} + [A \cdot I_T \cdot \tau \cdot (\text{shading})]_{TIMUR}$$

keterangan :

A = luas total jendela ( m<sup>2</sup> )

I<sub>T</sub> = radiasi matahari pada daerah tertentu

τ = factor transmisi

shading = factor bayangan

Tabel 3.1 Rencana Pengambilan Data Perolehan Panas Melalui Jendela

waktu matahari	Perolehan Panas Melalui Jendela					
Jam	A (luas) m <sup>2</sup>	Arah Jendela	T	Shanding	Total Kkal/m <sup>2</sup> jam	total Kj/jam

- b. Melalui dinding ( bidang tidak tembus cahaya )

$$q_W = [UA(CLTD)]_{BARAT} + [UA(CLTD)]_{TIMUR} + [UA(CLTD)]_{UTARA}$$

Tabel 3.2 Rencana Pengambilan Data Perolehan panas pada dinding

waktu matahari	perolehan kalor (qw) dinding				
Jam	U	A (luas) m <sup>2</sup>	CLTD	total (kkal/jam)	total ( KJ/jam)

## c. Manusia

Tabel 3.3 Perolehan Kalor dari Penghuni

Kegiatan	Perolehan kalor (W)	Perolehan kalor sensibel (%)
Duduk, tenang		
Berdiri		
Berjalan (3 km/jam)		
Mengajar		

Tabel 3.4 Rencana Pengambilan Data Perolehan kalor sensible pada orang yang duduk tenang

Lama jam setelah penyalaaan	CFL	Perolehan persen orang	Jumlah orang	Perolehan kalor per orang	Total (watt)	Total kj/jam

## d. Lampu

Tabel 3.5 Rencana Pengambilan Data Pengeluaran Kalor dari Lampu

lama jam setelah penyalaaan	CFL	F <sub>u</sub>	F <sub>b</sub>	Daya lampu Watt	jumlah	Total (watt)	Total (kj/jam)

## e. Perolehan Kalor Pada Masing-masing Sumber

Tabel 3.6 Total Pengeluaran Kalor

Jam	Jendela Kj/jam	Dinding Kj/jam	Manusia Kj/jam	Lampu Kj/jam	peralatan listrik kj/jam	Total Kj/jam
					Jumlah	
					rata-rata	

## f. Konsumsi Daya Listrik

Tabel 3.7 Data Pengujian Konsumsi Listrik

Uji (Jam)	Arus Listrik (Ampere)		Penghematan	%
	Sebelum dipasang	Sesudah dipasang	I (Amp)	

## g. Kinerja Sensor

No.	Pengujian	Waktu	Suhu	Keterangan

## h. Menghitung Performa AC

1) **Perhitungan Dampak Refrigrasi ( RE )**

$$\text{Dampak Refrigrasi ( RE )} = ( h_1 - h_4 ) \text{ kJ/kg}$$

2) **Perhitungan Kerja Kompresi**

$$\text{Kerja Kompresi} = ( h_2 - h_1 ) \text{ kJ/kg}$$

3) **Perhitungan Laju Aliran Massa Refrigeran (  $\dot{m}$  )**

$$\text{Laju aliran massa ( } \dot{m} \text{ )} = \frac{\text{Daya.listrik}}{\text{Kerja.Kompresi}} \frac{\text{kW}}{\text{kJ / kg}}$$

$$= \frac{\text{Volt} \times \text{Arus} \times \cos \phi \frac{1}{1000}}{(h_2 - h_1)} =$$

4) **Perhitungan Kapasitas Refrigrasi (  $q_e$  )**

$$\text{Kapasitas Refrigrasi ( } q_e \text{ )} = \text{Laju Aliran Massa} \times \text{Dampak}$$

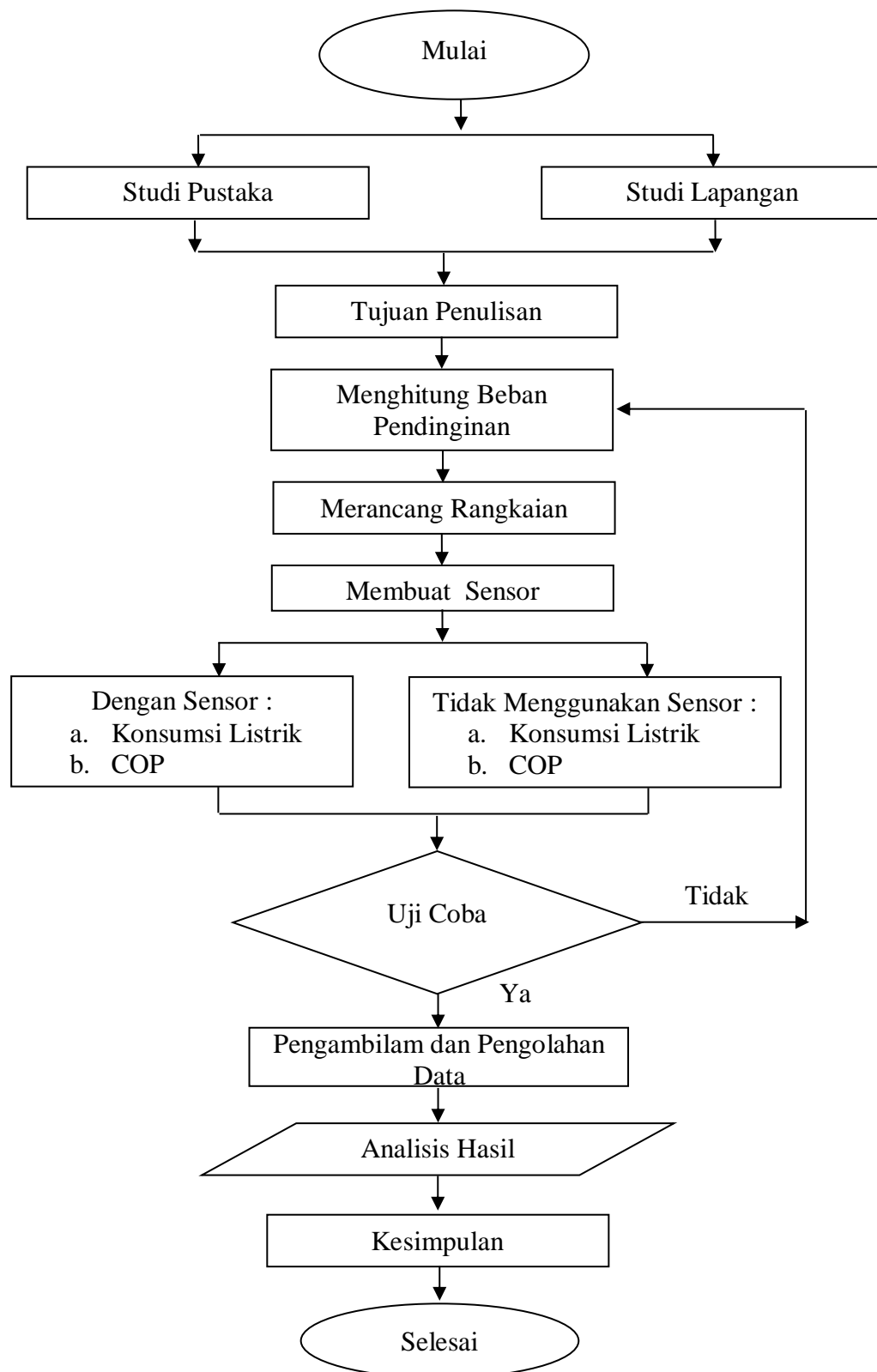
$$\text{Refrigrasi}$$

5) **Perhitungan Coefisien of Performance ( COP )**

$$\text{Coefisien of Performance} = \frac{\text{Dampak.refrigrasi}}{\text{Kerja.Kompresi}} \cdot$$

$$= \frac{(h_1 - h_4)}{(h_2 - h_1)}$$

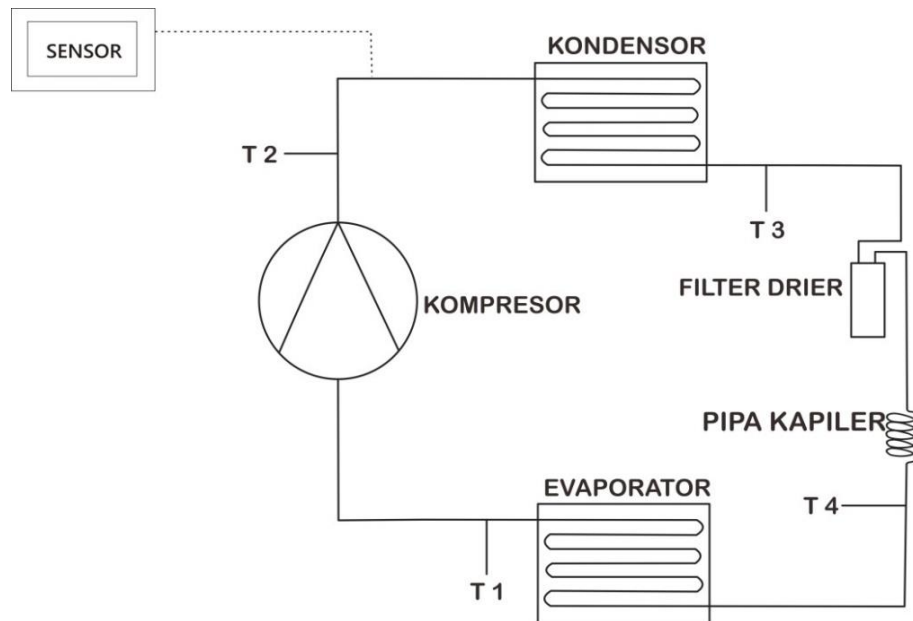


**F. Diagram Alur Penelitian**

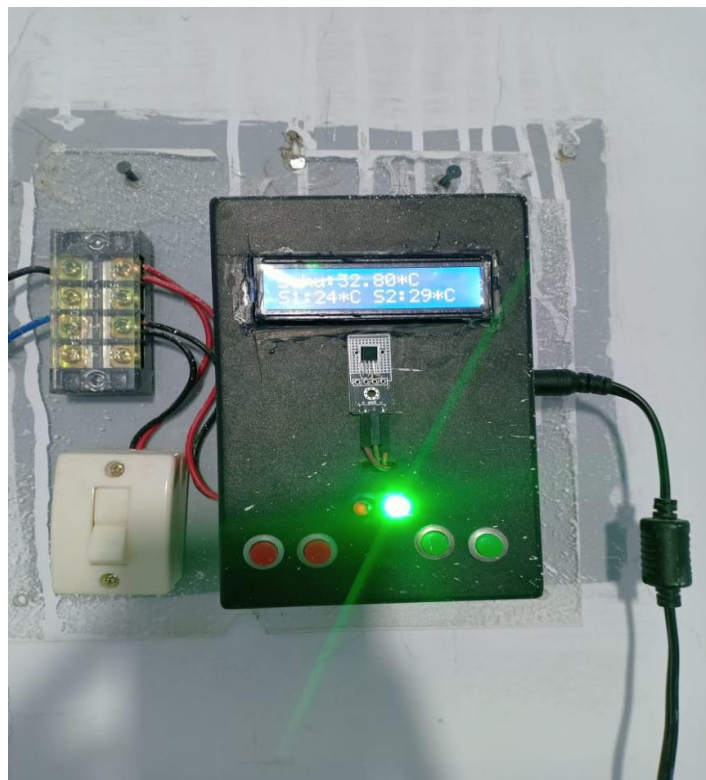
Gambar 3.1 Diagram Alur Penelitian



### A. Gambar Instalasi Pengujian



Gambar 3.2 Instalasi Pengujian



Gambar 3.3 Instalasi Pengujian

(Sumber : Foto Dokumentasi)

## B. Instrumen Penelitian

### 1. Bahan

#### a. AC Split



Gambar 3.4 Tang Ampere

(Sumber : <https://sahabatteknik.com/cara-service-ac-split/>)

### 2. Alat Uji

#### a. Tang Ampere

Digunakan untuk mengukur arus listrik pada kabel dengan memakai dua rahang penjepit tanpa harus kontak langsung dengan terminal listrik.



Gambar 3.5 Tang Ampere

(Sumber : Foto Dokumentasi)

b. Manifold Gauge

Digunakan untuk mengukur tekanan rendah maupun tekanan tinggi pada AC.



Gambar 3.6 Tang Ampere  
(Sumber : Foto Dokumentasi)

c. Thermometer Digital

Digunakan untuk mengukur suhu ruangan, maupun suhu didalam komponen AC yang meliputi Kondensor, Evaporator dan Kompresor.



Gambar 3.7 Thermometer Digital  
(Sumber : Foto Dokumentasi)

## BAB IV

### HASIL DAN PEMBAHASAN

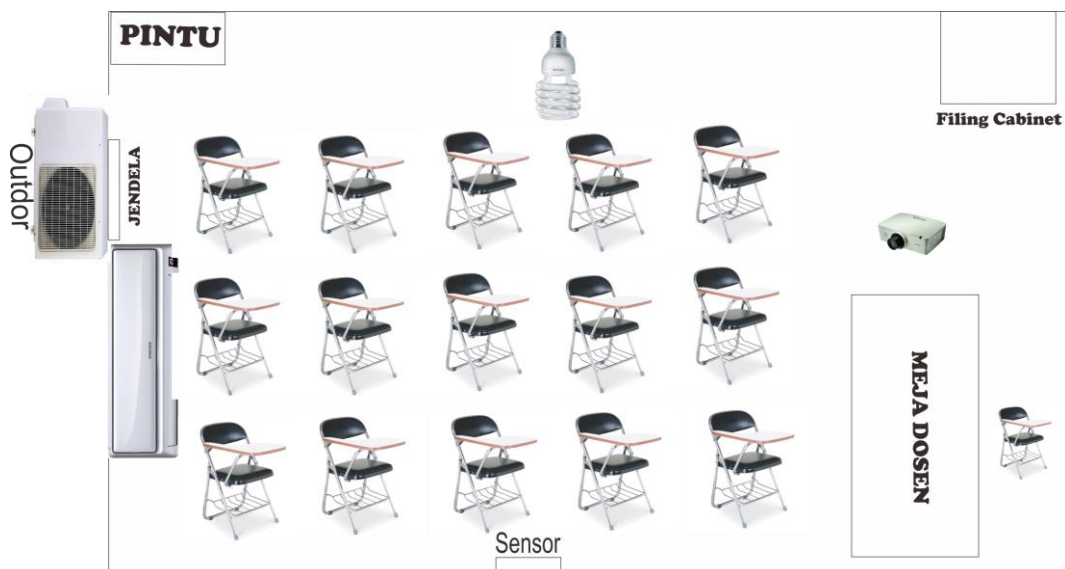
#### A. Hasil Penelitian

##### 1. Data Bangunan Laboratorium Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal.

Bangunan Laboratorium Fakultas Teknik ini menghadap ke barat dengan panjang ruangan 4,4 m, lebar ruangan 3,8 m dan tinggi 3,8 m, memiliki 1 buah jendela di sebelah barat.

Bangunan Fakultas Teknik Ruang Lab terletak di bagian timur kawasan Universitas Pancasakti Tegal, dan berhadapan langsung dengan gedung Fakultas Ekonomi Universitas Pancasakti Tegal.

Berikut ini adalah denah ruang Lab Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal :



Gambar 4.1 Denah Ruang Lab Fakultas Teknik.  
(Sumber : Desain Penulis)



*Gambar 4.2* Foto tembok dan jendela sebelah barat ruang Lab. Fakultas Teknik  
(Sumber : Foto Dokumentasi)



*Gambar 4.3* Foto tembok sebelah timur ruang Lab. Fakultas Teknik.  
(Sumber : Foto Dokumentasi)

## 2. Sumber Perolehan Panas Ruang Lab Faklutas Teknik



Gambar 4.4 beberapa sumber panas ruang Lab Fakultas Teknik

### B. Pembahasan

Dari hasil pengambilan data bahwa beban panas yang paling mempengaruhi pengondisian Ruang Lab. Fakultas Teknik adalah :

#### a. Radiasi surya

**Melalui kaca ( bidang tembus cahaya )**

Diketahui :

- pengambilan data pada bulan Juli
- arah kaca menghadap barat
- ketebalan kaca 3 mm

data-data yang di perlukan

- luas jendela yang menghadap ke barat
  - jendela besar dengan jumlah 1

$$\text{luas} = 0,6 \text{ m} \times 0,84 \text{ m} \times 1 = 0,504 \text{ m}^2$$

- jendela kecil dengan jumlah 2

$$\text{luas} = 0,45 \text{ m} \times 0,6 \text{ m} \times 2 = 0,54 \text{ m}^2$$

- total luas =  $0,504 \text{ m}^2 + 0,54 \text{ m}^2 = 1,044 \text{ m}^2$

1) Perolehan panas melalui jendela

$$q_{sg} = [A \cdot I_T \cdot \tau \cdot (\text{shading})]_{BARAT} + [A \cdot I_T \cdot \tau \cdot (\text{shading})]_{TIMUR}$$

keterangan :

A : luas total jendela (  $\text{m}^2$  )

$I_T$  : radiasi matahari pada daerah tertentu ( tabel 1 )

$\tau$  : factor transmisi ( tabel 2 )

shading : factor bayangan ( tabel 3 )



Permeabilitas atmosferik 0,6

(1) Garis lintang Utara 0°

b. (Vernal equinox/Autumnal equinox March 22 atau September 22)

Azimut  Waktu matahari	Radiasi total										Keterangan	
	H	N	NE	E	SE	S	SW	W	NE		Radiasi matahari langsung pada bidang normal	Radiasi matahari terpencah pada bidang horisontal
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7	117	37	148	194	148	37	37	37	37	161	161	75
8	318	54	310	417	310	54	54	54	54	419	419	108
9	523	61	344	461	344	61	61	61	61	565	565	123
10	689	65	293	388	293	65	65	65	65	645	645	130
11	797	67	192	244	192	67	67	67	67	685	685	134
12	834	67	67	67	67	67	67	67	67	698	698	135
13	797	67	67	67	67	67	192	244	192	685	685	134
14	689	65	65	65	65	65	293	388	293	645	645	130
15	523	61	61	61	61	61	344	461	344	565	565	123
16	318	54	54	54	54	54	310	417	310	419	419	108
17	117	37	37	37	37	37	148	194	148	161	161	75
18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

(kcal/m<sup>2</sup>jam)

Gambar 4.5 Tabel Radiasi Matahari

(Sumber : Stoecker, 1982)

Kaca	Tanpa penutup	Dengan penutup dalam ruangan
Kaca biasa	0,95	0,50
Kaca ganda		
—kaca biasa	0,70	0,50
—menyerap di luar	0,6	0,40
Kaca setengah cermin	0,4	—

Dari Architectural Institute of Japan, Material Collection 6.

Gambar 4.6 Tabel faktor transmisi dari jendela

(Sumber : Stoecker, 1982)



Jenis kaca	Ketebalan mm	Koefisien peneduhan			
		Tanpa peneduh dalam	Krei Pelindung		Tirai Gul
			Sedang	Terang	Gelap
Kaca tunggal					
Lembaran biasa	3	1,00	0,64	0,55	0,59
Pelat (tebal)	6-12	0,95	0,64	0,55	0,59
Penyerap panas	6	0,70	0,57	0,53	0,40
	10	0,50	0,54	0,52	0,40
Kaca rangkap					
Lembaran biasa	3	0,90	0,57	0,51	0,60
Pelat (tebal)	6	0,83	0,57	0,51	0,60
Reflektif	6	0,2-0,4	0,2-0,33		

Gambar 4.7 Tabel coeficien shanding

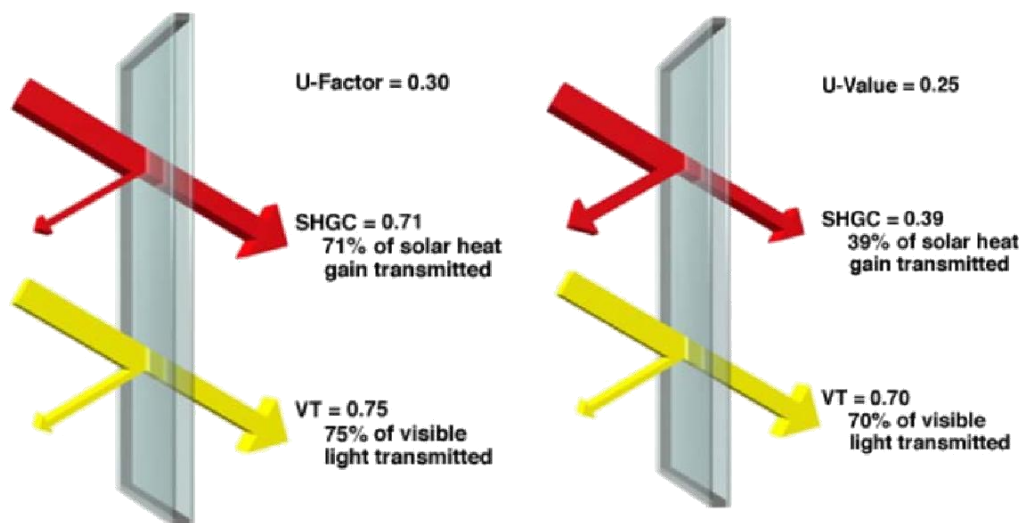
(Sumber : Stoecker, 1982)

Tabel 4.1 perolehan panas melalui jendela barat

waktu matahari	perolehan panas melalui jendela					
Jam	A (luas) m <sup>2</sup>	west/ barat ( $I_T$ )	T	Shanding	Total Kkal/m <sup>2</sup> jam	total Kj/jam
8	1.044	54	0,95	1	53.5572	224.94024
12	1.044	67	0,95	1	66.4506	279.09252
15	1.044	461	0,95	1	457.2198	1920.32316
18	1.044	0	0,95	1	0	0

Tabel 4.2 Total perhitungan jendela

Jam	Barat kj/jam	total kj/jam
8	224.09916	224.09916
12	279.09252	279.09252
15	1616.23728	1616.23728
18	1737.03852	1737.03852



Gambar 4.8 radiasi matahari yang melalui kaca

(Sumber : Rismarnawati A Sinaga, 2006)

### Melalui dinding ( bidang tidak tembus cahaya )

Asumsi

- arah dinding menghadap : Timur, barat, utara dan selatan.
- Jenis dinding = F (Blok beton 100 mm dengan penyekat 25 s/d 50 mm; atau batu bata pelapis 100 mm<sup>2</sup> dengan penyekat 100 mm dan plaster dalam; atau dinding beton 100 mm dengan plester dalam dan luar) .
- Perolehan panas dari dinding sebelah selatan dan utara di abaikan karena ada bangunan di sebelahnya.
- $U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.38} = 2,6315 \text{ w/m}^2\text{k}$  (concrete blok, agregat ringan , 200 mm )

Data-data yang diperlukan :

- luas dinding yang menghadap ke barat  $8 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} = 30,4 \text{ m}^2$ 
  - total luas dinding barat = luas dinding barat – luas jendela barat  
 $= 30,4 \text{ m}^2 - 1,836 \text{ m}^2 = 28,564 \text{ m}^2$
- luas dinding yang menghadap ke timur  $8 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} = 30,4 \text{ m}^2$ 
  - total luas dinding timur = luas dinding timur – luas jendela timur  
 $= 30,4 \text{ m}^2 - 5,274 \text{ m}^2 = 25,126 \text{ m}^2$
- luas dinding yang menghadap ke utara  $8 \text{ m} \times 3,8 \text{ m} = 30,4 \text{ m}^2$ 
  - total luas dinding utara = luas dinding utara ( karena tidak ada jendelanya )  
 $= 30,4 \text{ m}^2 - 0 \text{ m}^2 = 30,4 \text{ m}^2$

2) Perolehan kalor melalui dinding:

$$q_w = [UA(CLTD)]_{BARAT} + [UA(CLTD)]_{TIMUR} + [UA(CLTD)]_{UTARA}$$

Jenis dinding*	Massa per-satuan luas kg/m <sup>2</sup>	Kapasitas kalor, kJ/m <sup>2</sup> ·K	Waktu matahari	Arah							
				U	TL	T	Teng	S	BD	B	BL
F	200	130	7	1	3	4	2	1	1	2	1
			8	2	8	9	6	1	1	2	1
			9	3	13	16	10	2	2	2	2
			10	4	16	21	15	4	3	3	3
			11	5	17	24	20	7	4	4	4
			12	6	16	25	23	11	6	6	6
			13	8	16	24	24	15	10	8	7
			14	9	15	22	23	19	14	11	9
			15	11	15	20	22	21	20	16	12
			16	12	15	19	20	22	24	22	15
			17	12	15	18	19	21	28	27	19
			18	13	14	17	17	19	30	32	24
			19	13	13	15	16	17	29	33	26
			20	13	12	13	14	15	25	30	24
			CLTD <sub>maks</sub>	13	17	25	24	22	30	33	26

Gambar 4.9 Tabel Untuk dinding jenis F yang terkena sinar matahari  
(Sumber : Stoecker, 1982)

Dengan menggunakan persamaan perolehan kalor yang melalui dinding pada tiap jam maka di peroleh tabel sebagai berikut :

Tabel 4.3 Perolehan panas pada dinding sebelah barat

waktu matahari	perolehan kalor (qw) dinding barat				
Jam	U	A (luas) m <sup>2</sup>	CLTD	total (kkal/jam)	total ( KJ/jam)
8	2,6315	28,564	2	150,332332	631,3957944
12	2,6315	28,564	6	450,996996	1894,187383
15	2,6315	28,564	16	1202,658656	5051,166355
18	2,6315	28,564	32	2405,317312	10102,33271

Tabel 4.4 Perolehan dinding sebelah timur

waktu matahari	perolehan kalor (qw) dinding timur				
Jam	U	A (luas) m <sup>2</sup>	CLTD	total (kkal/jam)	total ( KJ/jam)
8	2,6315	25,126	9	595,071621	2499,300808
12	2,6315	25,126	25	1652,976725	6942,502245
15	2,6315	25,126	20	1322,38138	5554,001796
18	2,6315	25,126	17	1124,024173	4720,901527

Tabel 4.5 Total perolehan panas seluruh dinding

Jam	barat kj/jam	timur kj/jam	total kj/jam
8	631,3957944	2499,300808	3130,6966024
12	1894,187383	6942,502245	8836,689628
15	5051,166355	5554,001796	10605,168151
18	10102,33271	4720,901527	14823,234237

## b. Manusia

Pembahasan ini dibatasi oleh waktu pengamatan dari jam 08.00 – 16.00 yang terletak pada ruang Lab Fakultas Teknik, dengan jumlah 3 orang. Beban pendinginan akan di hitung per dua jam .

Tabel 4.6 Perolehan kalor dari penghuni

Kegiatan	Perolehan kalor (W)	Perolehan kalor sensibel (%)
Tidur	70	75
Duduk, tenang	100	60
Berdiri	150	50
Berjalan (3 km/jam)	300	35
Mengajar	175	50

(Sumber : Stoecker, W.F. dan J.W Jones, 1982)

Tabel 4.7 Ruang per orang

Jenis ruang	Penghunian
Rumah tinggal	2-6 orang
Kantor	10-15 m <sup>2</sup> per orang
Toko	3-5 m <sup>2</sup> per orang
Sekolah	2.5 m <sup>2</sup> per orang
Ruang pertemuan	1 m <sup>2</sup> per orang

(Sumber : Stoecker, W.F. dan J.W Jones, 1982)

Diketahui :

- Jumlah orang : 3 orang.
- Jumlah dosen : 1 orang
- Jenis kegiatan : 3 orang duduk tenang dan 1 orang mengajar
- Perhitungan beban kalor adalah tiap 2 jam

Persamaan umum yang digunakan :

beban pendinginan sensibel penghuni (watt) = perolehan per orang x  
jumlah orang x CLF x 3,6

Tabel 4.8 Perolehan kalor sensibel pada 3 orang yang duduk tenang (mahasiswa)

lama jam setelah penyalaa n	CFL	peroleha n persen orang	jumlah orang	peroleha n kalor per orang	total (watt)	total kj/jam
0	0,08	0,6	3	100	14,4	51,84
1	0,62	0,6	3	100	111,6	401,76
2	0,66	0,6	3	100	118,8	427,68
3	0,69	0,6	3	100	124,2	447,12
4	0,73	0,6	3	100	131,4	473,04
5	0,75	0,6	3	100	135	486
6	0,78	0,6	3	100	140,4	504,44
7	0,8	0,6	3	100	144	518,4
8	0,82	0,6	3	100	147,6	531,36
9	0,84	0,6	3	100	151,2	544,32
10	0,85	0,6	3	100	153	550,8
11	0,32	0,6	3	100	57,6	207,36
12	0,29	0,6	3	100	52,2	187,92
13	0,26	0,6	3	100	46,8	168,48
14	0,23	0,6	3	100	41,4	149,04
15	0,21	0,6	3	100	37,8	136,08
16	0,19	0,6	3	100	34,2	123,12
17	0,17	0,6	3	100	30,6	110,16
18	0,15	0,6	3	100	27	97,2

Tabel 4.9 Perolehan kalor sensibel pada 1 orang yang mengajar (dosen)

lama jam setelah penyalaa n	CFL	peroleha n persen orang	jumlah orang	peroleha n kalor per orang	total (watt)	total kj/jam
0	0,08	0,6	1	175	8,4	30,24
1	0,62	0,6	1	175	65,1	234,36
2	0,66	0,6	1	175	69,3	249,48
3	0,69	0,6	1	175	72,45	260,82
4	0,73	0,6	1	175	76,65	275,94
5	0,75	0,6	1	175	78,75	283,5

6	0,78	0,6	1	175	81,9	294,84
7	0,8	0,6	1	175	84	302,4
8	0,82	0,6	1	175	86,1	309,96
9	0,84	0,6	1	175	88,2	317,52
10	0,85	0,6	1	175	89,25	321,3
11	0,32	0,6	1	175	33,6	120,96
12	0,29	0,6	1	175	30,45	109,62
13	0,26	0,6	1	175	27,3	98,28
14	0,23	0,6	1	175	24,15	86,94
15	0,21	0,6	1	175	22,05	79,38
16	0,19	0,6	1	175	19,95	71,82
17	0,17	0,6	1	175	17,85	64,26
18	0,15	0,6	1	175	15,75	56,7

Perolehan kalor laten pada manusia yang duduk tenang dengan jumlah 3 orang

dan yang mengajar dengan jumlah 1 orang :

beban pendinginan laten penghuni (watt) = perolehan per orang x jumlah orang x

1 x 3,6

kalor laten 3 orang yang duduk

$$= 0.6 \times 3 \times 100$$

$$= 180 \text{ watt} \times 3.6$$

$$= 648 \text{ kj/jam}$$

Kalor laten 1 orang yang mengajar

$$= 0.6 \times 1 \times 175$$

$$= 105 \text{ watt} \times 3.6$$

$$= 378 \text{ kj/jam}$$

Tabel 4.10 Total pengeluaran kalor pada manusia

Jam	Mahasiswa ( sensibel ) kj/jam	dosen ( sensibel ) kj/jam	Mahasiswa ( laten ) kj/jam	dosen ( laten ) kj/jam	total kj/jam
8	51,84	30,24	648	378	1108,08
10	427,68	249,48	648	378	1703,16
12	473,04	275,94	648	378	1774,98
15	504,44	294,84	648	378	1825,28
18	531,36	309,96	648	378	1867,32

### c. Lampu

Diketahui :

- Jumlah lampu = 1 buah
- Daya yang terpasang = 23 watt
- $F_u$  = 0.9
- $F_b$  = 1

$$Q = CLF \times F_u \times F_b \times \text{day lampu} \times \text{jumlah} \times 3.6$$

Tabel 4.11 Pengeluaran kalor lampu

lama jam setelah penyalan	CLF	$F_u$	$F_b$	Daya lampu Watt	Jumlah	Total (watt)	Total (kj/jam)
0	0,08	0,9	1	23	1	1,656	5,9616
1	0,62	0,9	1	23	1	12,834	46,2024
2	0,66	0,9	1	23	1	13,662	49,1832
3	0,69	0,9	1	23	1	14,283	51,4188
4	0,73	0,9	1	23	1	15,111	54,3996
5	0,75	0,9	1	23	1	15,525	55,89
6	0,78	0,9	1	23	1	16,146	58,1256
7	0,8	0,9	1	23	1	16,56	59,616
8	0,82	0,9	1	23	1	16,974	61,1064
9	0,84	0,9	1	23	1	17,388	62,5968
10	0,85	0,9	1	23	1	17,595	63,342



11	0,32	0,9	1	23	1	6,624	23,8464
12	0,29	0,9	1	23	1	6,003	21,6108
13	0,26	0,9	1	23	1	5,382	19,3752
14	0,23	0,9	1	23	1	4,761	17,1396
15	0,21	0,9	1	23	1	4,347	15,6492
16	0,19	0,9	1	23	1	3,933	14,1588
17	0,17	0,9	1	23	1	3,519	12,6684
18	0,15	0,9	1	23	1	3,105	11,178

Lama-jam setelah lampu dinyalakan	Pemasangan X† Lama-jam penyalan		Pemasangan Y Lama-jam penyalan	
	10	16	10	16
0	0,08	0,19	0,01	0,0
1	0,62	0,72	0,76	0,7
2	0,66	0,75	0,81	0,8
3	0,69	0,77	0,84	0,8
4	0,73	0,80	0,88	0,8
5	0,75	0,82	0,90	0,9
6	0,78	0,84	0,92	0,9
7	0,80	0,85	0,93	0,9
8	0,82	0,87	0,95	0,9
9	0,84	0,88	0,96	0,9
10	0,85	0,89	0,97	0,9
11	0,32	0,90	0,22	0,9
12	0,29	0,91	0,18	0,9
13	0,26	0,92	0,14	0,9
14	0,23	0,93	0,12	0,9
15	0,21	0,94	0,09	0,9
16	0,19	0,94	0,08	0,9
17	0,17	0,40	0,06	0,9
18	0,15	0,36	0,05	0,9

†Penjelasan pemasangan X, lampu terbenam tanpa lubang angin. Pengatur (register) udara balik berada di bawah langit-langit atau di runag langit-langit dan grill. Y, lampu lubang angin atau tergantung bebas. Pengatur udara suplai berada di bawah atau di dalam dengan pengatur udara balik di sekitar pemasangan dan melalui ruang langit-langit.

Gambar 4.10 Tabel CLF

(Sumber : Rismanarwati A Sinaga, 2006)

#### d. Peralatan Listrik ( HP, Laptop dan Proyektor )

Diketahui

- Daya input laptop/computer 130 watt, di asumsikan 5% loss dalam bentuk panas ke lingkungan, jumlah 4 unit.

- Daya input Proyektor 270 watt, di asumsikan 10% loss dalam bentuk panas ke lingkungan, jumlah 1 unit.
- Daya handphone 9.9 watt, di asumsikan 13% loss dalam bentuk panas ke lingkungan, jumlah 3 unit.

Perolehan panas dari peralatan listrik

$$\begin{aligned}
 q_{\text{peralatan}} &= q_{\text{latop}} + q_{\text{proyektor}} + q_{\text{hp}} \\
 &= 130 \times 0,05 \times 1 + 270 \times 0,1 \times 1 + 9,9 \times 0,13 \times 3 \\
 &= 6,5 + 27 + 3,861 \\
 &= 37,361 \text{ watt} \\
 &= 134,5 \text{ kj/jam}
 \end{aligned}$$

**e. Aliran udara yang melalui pintu, ventilasi dan infiltrasi.**

- Diabaikan, karena aliran udara yang melalui pintu, ventilasi dan infiltrasi akan terjadi apabila terjadi perbedaan suhu yang sangat extreme didalam ruangan dan di luar ruangan.

Berikut di berikan perolehan kalor pada tiap jam 8, 12, 15, dan 18

Tabel 4.12 total pengeluaran kalor

Jam	Jendela Kj/jam	Dinding Kj/jam	Manusia Kj/jam	Lampu Kj/jam	peralatan listrik kj/jam	Total Kj/jam
8	224,09916	3130,6966024	1108,08	5,96	134,5	4603,335762
12	279,09252	8836,689628	1774,98	51,42	134,5	11076,68215
15	1616,23728	10605,168151	1825,28	58,12	134,5	14239,30543
18	1737,03852	14823,234237	1867,32	62,59	134,5	18624,68276
					Jumlah	48544,0061
					rata-rata	12136,00152

#### f. Kapasitas AC

Diketahui

- COP AC/unit = 3
- Daya kompresor AC/unit = 1 PK = 0,746 KW
- Kemampuan AC dalam mengambil beban kalor dalam ruangan untuk di buang ke sekitar

$$Q = W \times \text{COP} = 0,746 \times 3 = 2.238 \text{ KW} = 8056.8 \text{ kJ/jam}$$

Dari nilai rata-rata total beban kalor tiap hari pada ruang laboratorium Fakultas Teknik sebesar 12136,00152 kJ/jam, jadi di perlukan jumlah AC sebanyak :

$$\frac{12136,00152}{8056,8} = 1,51 \text{ atau bisa di bulatkan sebanyak 2 unit , yang masing-masing unitnya adalah 1 PK, atau bisa saja di ganti dengan 1 unit dengan kapasitas 2 PK.}$$

### 3. Sensor Pengendali AC

Pengontrol Suhu Digital menggunakan arduino, di sini kami menggunakan arduino sebagai pengendali utama, pengontrol suhu ini mengontrol suhu dari setiap alat pemanas dengan set poin yang ditetapkan, Ini juga menampilkan status perangkat baik hidup atau mati dan suhu saat ini.

Seperti namanya, pengontrol suhu adalah instrumen yang digunakan untuk mengontrol suhu. Pengontrol suhu mengambil input dari sensor suhu

dan memiliki output yang terhubung ke elemen kontrol seperti pemanas atau kipas.

Untuk secara akurat mengontrol suhu proses tanpa keterlibatan operator yang luas, sistem kontrol suhu bergantung pada pengontrol, yang menerima sensor suhu seperti thermocouple atau RTD dan LM35 sebagai input. Ini membandingkan suhu aktual dengan suhu kontrol yang diinginkan, atau set-point, dan menyediakan output ke elemen kontrol.

Kontrol Aktif / Nonaktif Pengontrol on-off adalah bentuk paling sederhana dari perangkat kontrol suhu. Output dari perangkat dapat diaktifkan atau dinonaktifkan, tanpa status tengah. Pengontrol on-off hanya akan mengalihkan output ketika suhu melintasi set-point. Untuk kontrol pemanasan, output aktif ketika suhu berada di bawah set-point, dan off di atas set-point. Karena suhu melintasi set-point untuk mengubah status output suhu proses akan terus berputar menuju dari bawah set-point ke atas, dan kembali di bawah. Dalam kasus di mana perubahan ini terjadi dengan cepat dan untuk mencegah kerusakan pada relay dan katup diferensial on-off atau "histeresis," ditambahkan ke operasi pengontrol. Diferensial ini mensyaratkan bahwa suhu melebihi set-point dengan jumlah tertentu sebelum output akan mati atau menyala lagi. On-off differential mencegah output dari "chattering" atau membuat fast, continual switches jika menuju di atas dan di bawah set-point terjadi sangat cepat. Kontrol on-off biasanya digunakan di mana kontrol yang tepat tidak diperlukan, dalam sistem yang tidak dapat menangani memiliki energi yang dihidupkan dan dimatikan

sering, di mana massa sistem begitu besar sehingga suhu berubah sangat lambat, atau untuk alarm suhu. Satu jenis khusus kontrol on-off yang digunakan untuk alarm adalah pengontrol batas. Kontroler ini menggunakan relay latching yang harus direset secara manual dan digunakan untuk mematikan proses ketika suhu tertentu tercapai.

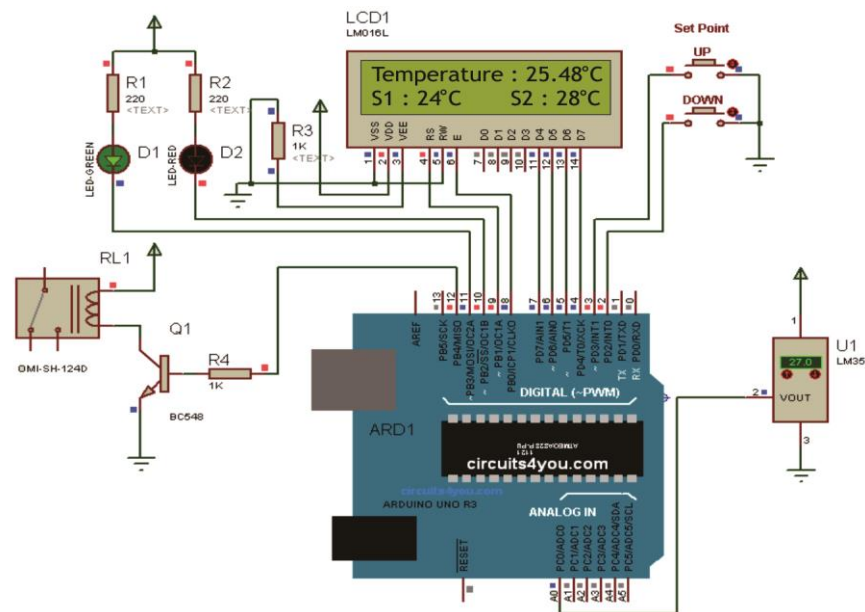
Komponen yang diperlukan :

- Arduino Nano
- 16×2 LCD Display
- Kunci
- Relay
- 1K Resistors Qty. 3
- BC548
- LED
- Sensor suhu LM35
- Kabel Jemper
- Adaptor

a. Sirkuit Kontrol Suhu Arduino

Sirkuit dibangun menggunakan sensor suhu Arduino Nano dan LM35 dan komponen lainnya. Kami menggunakan  $16 \times 2$  LCD untuk menampilkan suhu dan titik stel saat ini. LM35 memberikan output analog sebanding dengan suhu yang diberikan pada input analog Arduino Nano. Yang kemudian dibandingkan dengan set point jika lebih dari set point, artinya suhu lebih banyak sehingga kita mematikan

jaringan listrik AC yang terhubung ke relay output. Jika suhu kurang kita nyalakan relay. Saya menampilkan status pemanas mati pada LED. Dua switch digunakan untuk mengatur titik setel suhu.



Gambar 4.11 Rangkaian Sistem Pengontrol Suhu

(Sumber : Feri Djuandi, 2011)

#### b. Penempatan Sensor

Sensor diletakan bagian ruangan yang tidak terlalu terpapar angin yang keluar dari unit indor AC. Ini berfungsi supaya kinerja sensor tidak terlalu cepat memutus relay yang terhubung ke arus listrik pada AC.

#### c. Hasil Pengujian Sensor

Berikut saya tampilkan tabel data lamanya proses sensor bekerja untuk mencapai set point yang telah ditentukan :

## 1) Data waktu sistem sensor bekerja

Tabel 4.20 Data Pengujian Pengontrol Suhu AC

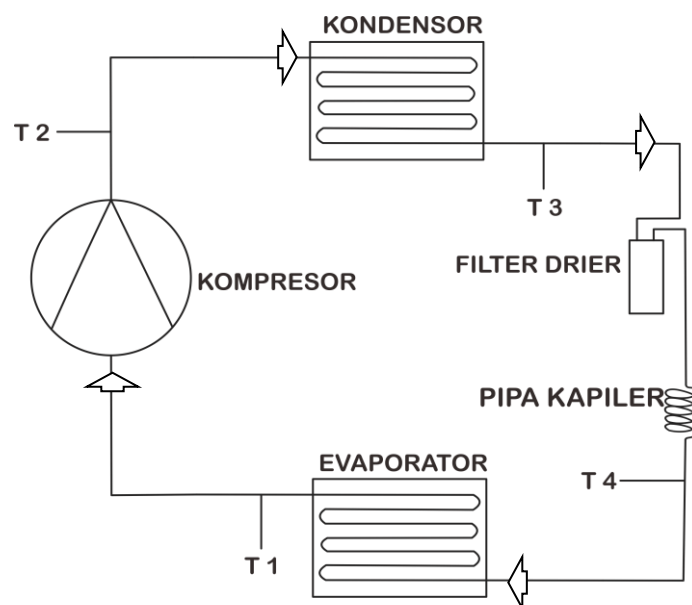
No.	Pengujian	Waktu	Suhu Luar Ruangan (°C)	Set Point 1 (24°C)	Set Point 2 (29°C)	Keterangan
1	Pengujian 1	Pukul 09.00 WIB	32,4°C	1 Jam 23 Menit	10 Menit	Setelah sensor bekerja memutuskan relay, AC akan mengalami delay selama 2 menit dan terjadi 2 kali delay.
		Pukul 12.00 WIB	34,2°C	1 Jam 15 Menit	8 Menit	
		Pukul 15.00 WIB	32,1°C	1 Jam 13 Menit	10 Menit	
		Pukul 19.00 WIB	30,6°C	30 Menit	16 Menit	
2	Pengujian 2	Pukul 09.00 WIB	31 °C	1 Jam 12 Menit	8 Menit	
		Pukul 12.00 WIB	33,8°C	1 Jam 16 Menit	10 Menit	
		Pukul 15.00 WIB	33,1 °C	1 Jam 14 Menit	9 Menit	
		Pukul 19.00 WIB	31,4°C	26 Menit	13 Menit	
3	Pengujian 3	Pukul 09.00 WIB	32,2°C	2 Jam 14 Menit	17 Menit	
		Pukul 12.00 WIB	33,6°C	2 Jam 30 Menit	10 Menit	
		Pukul 15.00 WIB	32,3°C	2 Jam 11 Menit	18 Menit	
		Pukul 19.00 WIB	30,5°C	1 Jam 13 Menit	15 Menit	

## 2) Konsumsi energi listrik sesudah dan sebelum dipasang sensor

Tabel 4.21 Data Pengujian Konsumsi Listrik

Uji (Jam)	Arus Listrik (A)		Penghematan	%
	Sebelum dipasang	Sesudah dipasang	I (A)	
9	6,3	6,3	0	0%
10	6,3	6,2	0,1	1,6%
11	6,3	6,2	0,1	1,6%
12	6,3	6,3	0	0%
13	6,3	6,3	0	0%
14	6,3	6,3	0	0%
15	6,3	6,1	0,2	3,2%
16	6,3	6,2	0,1	1,5%
17	6,3	6,3	0	0%
19	6,3	6,2	0,1	1,6%

## 3) Perhitungan prestasi kerja AC



Gambar 4.12 Penempatan Alat Ukur



Keterangan Gambar 4.12 :

T1 : Tempat penempatan alat ukur pada keluaran evaporator.

T2 : Tempat peletakan alat ukur pada keluaran kompressor.

T3 : Tempat peletakan alat ukur pada keluaran kondensor.

T4 : Tempat peletakan alat ukur pada keluaran pipa kapiler.

Tabel 4.22 Kalkulasi Data Temperatur Refrigerant Sebelum dan Sesudah  
di Pasang Sensor

Waktu	Parameter							
	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	I (A)	V	P <i>Discharge</i>	P <i>Suction</i>
10.00	24,8	61,2	37,4	10,9	6,3	215	125	70
12.00	25,6	62,3	38,6	11,4	6,3	215	125	70
15.00	25,1	62,3	38,2	12,6	6,3	215	125	70
16.00	25,3	62,6	38,3	11,6	6,3	215	125	70
18.00	25,3	62,7	38,2	11,6	6,3	215	125	70
20.00	25,6	61,7	37,8	11,6	6,3	215	125	70
<b>Rata-rata</b>	<b>21,2</b>	<b>62,3</b>	<b>38,08</b>	<b>11,6</b>	<b>6,3</b>	<b>215</b>	<b>125</b>	<b>70</b>

a) Perhitungan Data

Setelah dilakukan penginputan data pada aplikasi *Coolpack p – h*

Diagram diperoleh hasil Enthalpy spesifik sebagai berikut :

$$h_1 = 423 \text{ kJ/kg}$$

$$h_2 = 458 \text{ kJ/kg}$$

$$h_3 = h_4 = 249 \text{ kJ/kg}$$

$$T_{\text{kond}} = 21,2 \text{ }^{\circ}\text{C} = 294,35 \text{ K}$$

$$T_{\text{evap}} = 38,1^{\circ}\text{C} = 311,25 \text{ K}$$

- Sehingga efek refrigerasi dapat diketahui :

$$\begin{aligned} Q_e &= h_1 - h_4 \\ &= 423 - 248 \\ &= 175 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Kerja Kompresi :

$$\begin{aligned} q_w &= h_2 - h_1 \\ &= 458 \text{ kJ/kg} - 423 \text{ kJ/kg} \\ &= 35 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} q_c &= h_2 - h_3 \\ &= 458 \text{ kJ/kg} - 248 \text{ kJ/kg} \\ &= 210 \text{ kJ/kg} \end{aligned}$$

- Daya kompresi (estimasi power factor 0,8) :

$$\begin{aligned} P &= V.I.\cos\phi \\ &= 215 \cdot 6,3 \cdot 0,8 \\ &= 1083 \text{ watt} = 1,083 \text{ kW} \end{aligned}$$

- Laju Aliran Massa Refigeran :

$$\begin{aligned} \dot{m} &= \frac{V \times I \times \eta_c}{(h_2 - h_1)} \\ &= \frac{215 \text{ V} \times 6,3 \text{ A} \times 0,817}{(455 - 420)} \\ &= \frac{1106,626 \text{ watt}}{35 \text{ kJ/kg}} \\ &= 31,62 \text{ kg/s.} \end{aligned}$$

Sehingga dari hasil perhitungan diatas diketahui bahwa laju aliran masa 31,62 kg/s.

- Perhitungan COP :

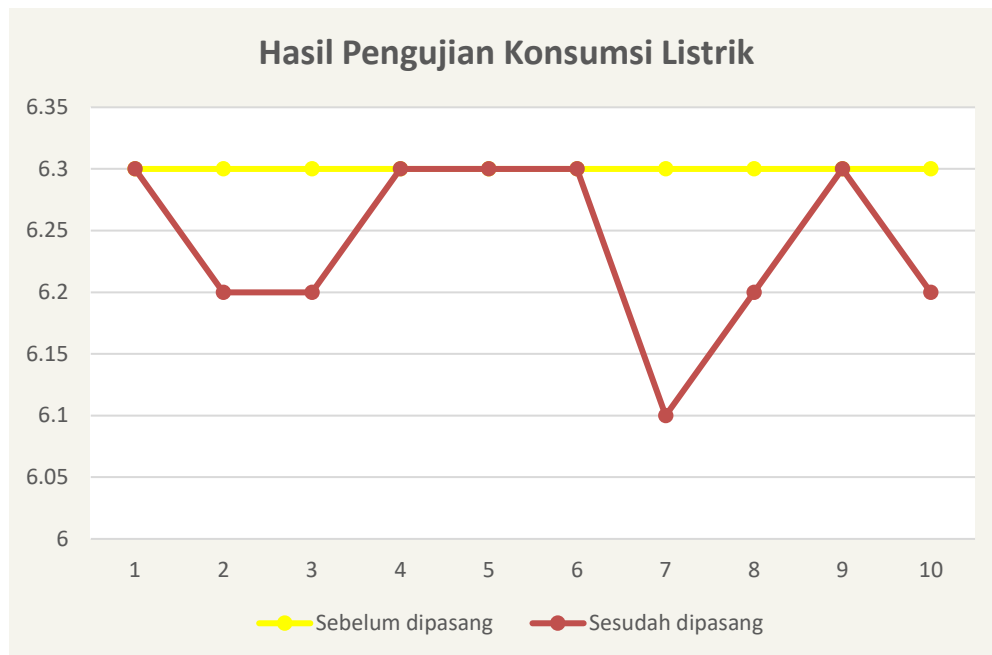
$$\begin{aligned}
 \text{COP aktual} &= \frac{\text{Efek Refrigerasi}}{\text{Kerja Kompresi}} \\
 &= \frac{q_e}{q_w} \\
 &= \frac{175}{35} \\
 &= 5 \\
 \\
 \text{COP carnot} &= \frac{T_{\text{evap}}}{T_{\text{kond}} - T_{\text{evap}}} \\
 &= \frac{294,35 \text{ K}}{311,25 - 295,35} = 17,4
 \end{aligned}$$

- Efisiensi AC :

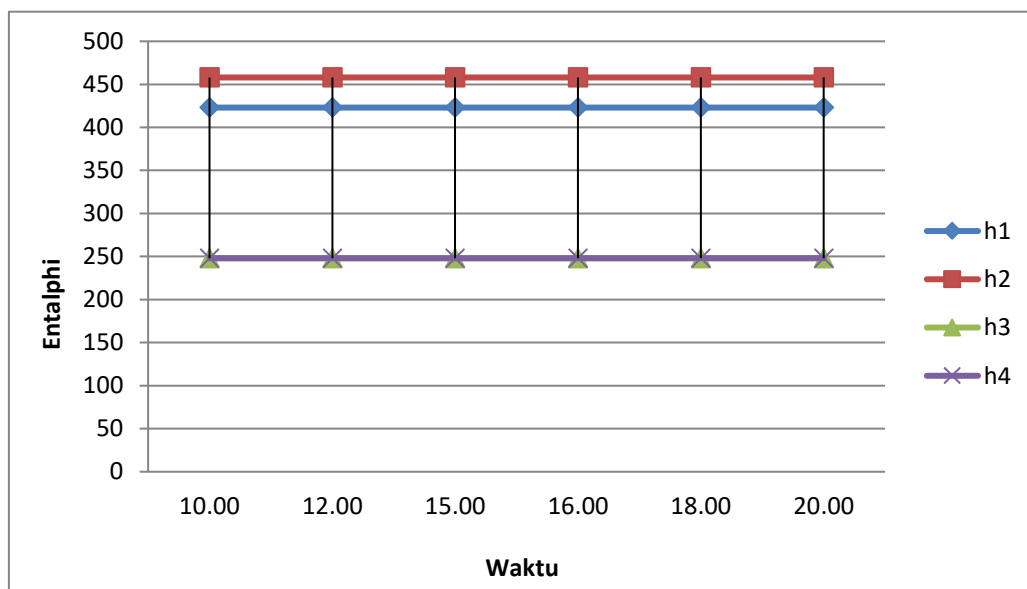
$$\begin{aligned}
 \text{Efficiency} &= \frac{\text{COP}_{\text{aktual}}}{\text{COP}_{\text{carnot}}} \times 100\% \\
 &= \frac{5}{17,4} \times 100\% \\
 &= 28\%
 \end{aligned}$$

Tabel 4.16 Rekapitulasi Data

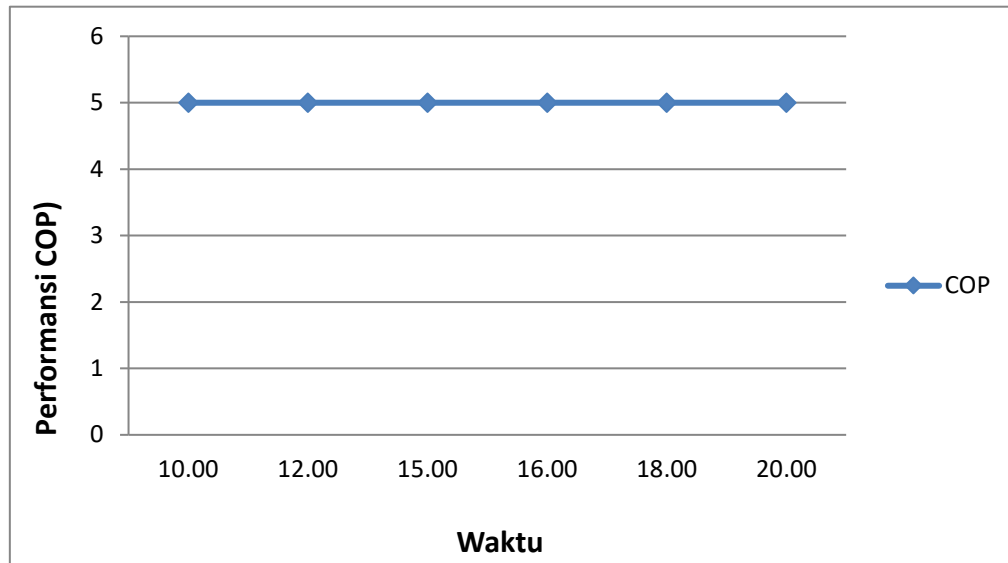
Waktu	Parameter											
	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	h <sub>1</sub>	h <sub>2</sub>	h <sub>3</sub>	h <sub>4</sub>	q <sub>e</sub>	q <sub>c</sub>	COP	Ef
10.00	24,8	61,2	37,4	10,9	423	458	248	248	175	210	5	28%
12.00	25,6	62,3	38,6	11,4	423	458	248	248	175	210	5	28%
15.00	25,1	62,3	38,2	12,6	423	458	248	248	175	210	5	28%
16.00	25,3	62,6	38,3	11,6	423	458	248	248	175	210	5	28%
18.00	25,3	62,7	38,2	11,6	423	458	248	248	175	210	5	28%
20.00	25,6	61,7	37,8	11,6	423	458	248	248	175	210	5	28%
<b>Rata-rata</b>	<b>21,2</b>	<b>62,3</b>	<b>38,08</b>	<b>11,6</b>	<b>423</b>	<b>458</b>	<b>248</b>	<b>248</b>	<b>175</b>	<b>210</b>	<b>5</b>	<b>28%</b>



Gambar 4.13 Grafik Konsumsi Listrik



Gambar 4.13 Grafik Entalphi



Gambar 4.14 Grafik Performansi (COP)

Dari grafik diatas diketahui bahwa unjuk kerja perubahan entalpy dan Performansi (COP) unit AC split 2PK yang dikondisikan dengan penambahan sensor LM35 berbais arduino maupun yang tidak menggunakan sensor cenderung stabil sehingga kemampuan untuk mendinginkan suatu ruangan cukup baik dengan kondisi beban pendinginan yang sama dan ada sedikit penghematan pada konsumsi listrik yaitu berkisar 0,1% s.d 0,2%.

## **BAB V**

### **PENUTUP**

#### **A. Kesimpulan**

Dari uraian pembasahasan pada bab sebelumnya dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut :

1. Faktor yang mempengaruhi beban pendinginan adalah penyerapan radiasi panas dari luar ruangan (matahari) dan aktifitas manusia yang bergerak didalam ruangan. Penggunaan AC pada setiap ruangan perlu dipertimbangkan untuk mendapatkan kenyamanan thermal yang diinginkan bagi penghuni ruangan.
2. Data Coefisien Of Performance AC Split 2 PK yang dipasang tambahan sensor cukup stabil, tidak mengurangi performanya dengan rata-rata COP 5, *efficiency* 28% dan penghematan beban listrik berkisar 0,1-0,2%.

#### **B. Saran**

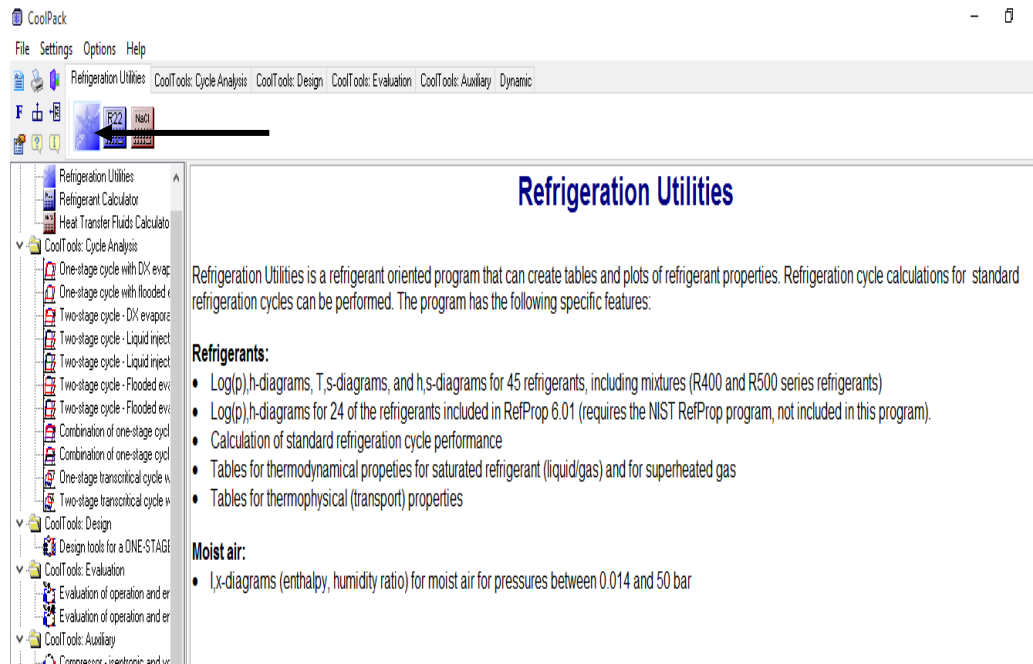
1. Agar kenyamanan thermal dapat tercapai secara optimal adalah dengan mengukur kebutuhan thermal terlebih dahulu sebelum dipasang AC.
2. Selalu melakukan perawatan secara berkala agar performa AC tidak menurun.

## DAFTAR PUSTAKA

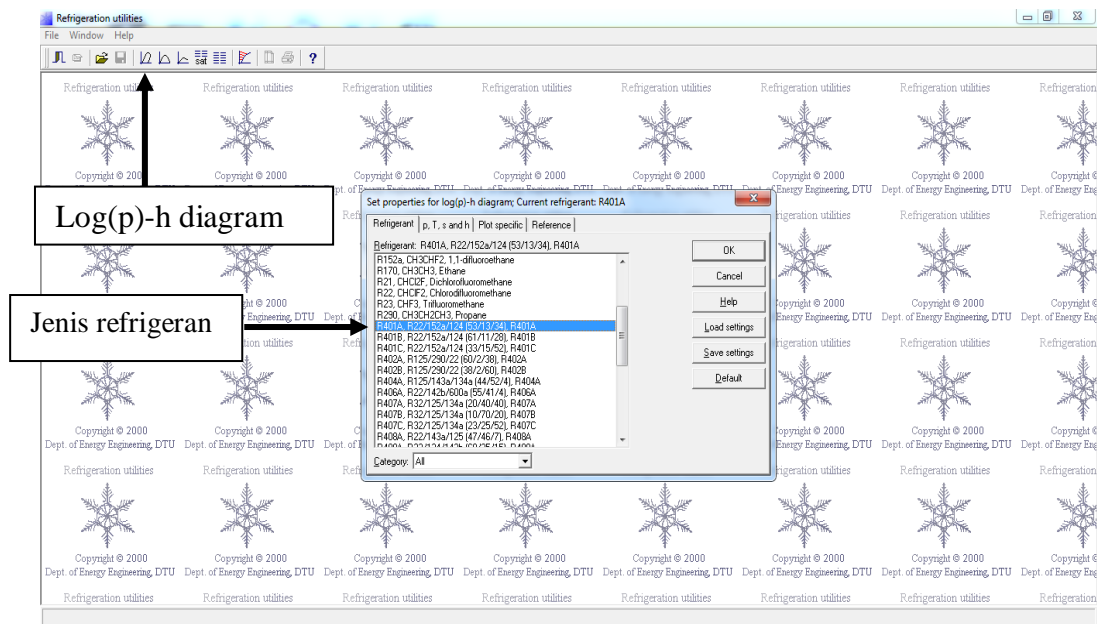
- Bagus Ragil Kurniawan, *Karakteristik Pengkondisian Udara Menggunakan Heat Pipe Dengan Variasi Temperature Inlet Ducting dan Jumlah Heat Pipe*. Skripsi, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 2012.
- Damayanti D, Ramadhani M, and Halomoan J. *PERANCANGAN DAN REALISASI SISTEM PENGATUR SUHU AC OTOMATIS BERBASIS MIKROKONTROLER*. Tugas Akhir, Jurusan Teknik Telekomunikasi, Fakultas Ilmu Terapan, Universitas Telkom, 2011.
- Ferri D. “*Pengenalan Arduino*”, Jurnal Teknik Elektro. Tobuku, Juli 2011
- Rahmadani D. 2011. “Evaluasi Kenyamanan Termal Ruang Perkuliahan di Universitas Andalas”. *Jurnal Online Universitas Andalas*.
- Rismarnawati A. S., dkk. 2006. “Desain Sistem Pengkondisian Udara pada Bangunan Unit Perpustakaan Terpadu (UPT) II Lantai 2 Universitas Gadjah Mada Yogyakarta”. *Jurnal Online Universitas Gajah Mada*.
- Sinaga. N. “*Beberapa Peluang Penghematan Energi pada Gedung Belantai Banyak*”, Jurnal Teknik FT. Undip, Edisi Agustus 1994, hal 42-45
- Stocher, WF, Jones. Jerold. W, *Refrigerasi dan Pengkondisian Udara*, Erlangga, Jakarta, 1982
- Syamsuar, Ariefin, Sumardi. *Analisis Beban Pendinginan Sistem Tata Udara (Stu) Ruang Auditorium Lantai III Gedung Utama Politeknik NegeriLhokseumawe*. Politeknik Negeri Lhokseumawe.
- Sumanto, dkk. “*Pengaruh Tekanan Terhadap Pengkondisian Udara Sistem Ekspansi Udara*”, Jurnal Teknik FT. ITN Malang, Edisi September 2015,
- Tri Utomo A, Syahputra R, Iswanto. *Implementasi Mikrokontroller Sebagai Pengukur Suhu Delapan Ruangan*. Jurnal Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Yogyakarta 2011.

## LAMPIRAN

### Lampiran 1 Data Hasil Pengolahan dengan Software CoolPack

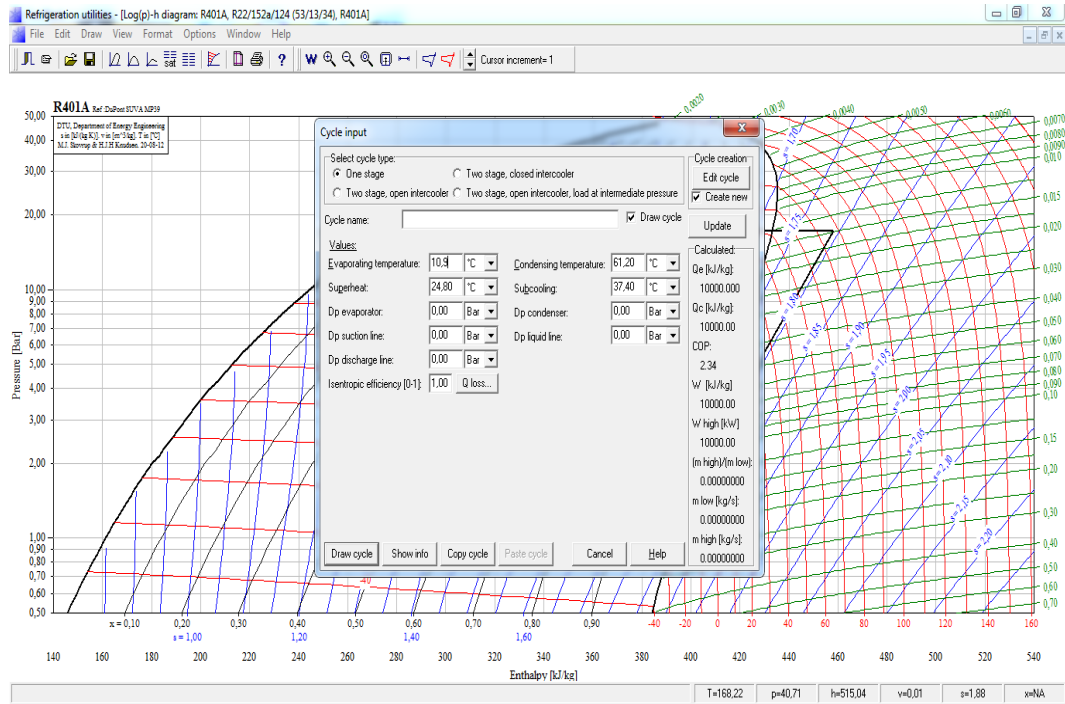


Gambar 1. Penggunaan software coolpack

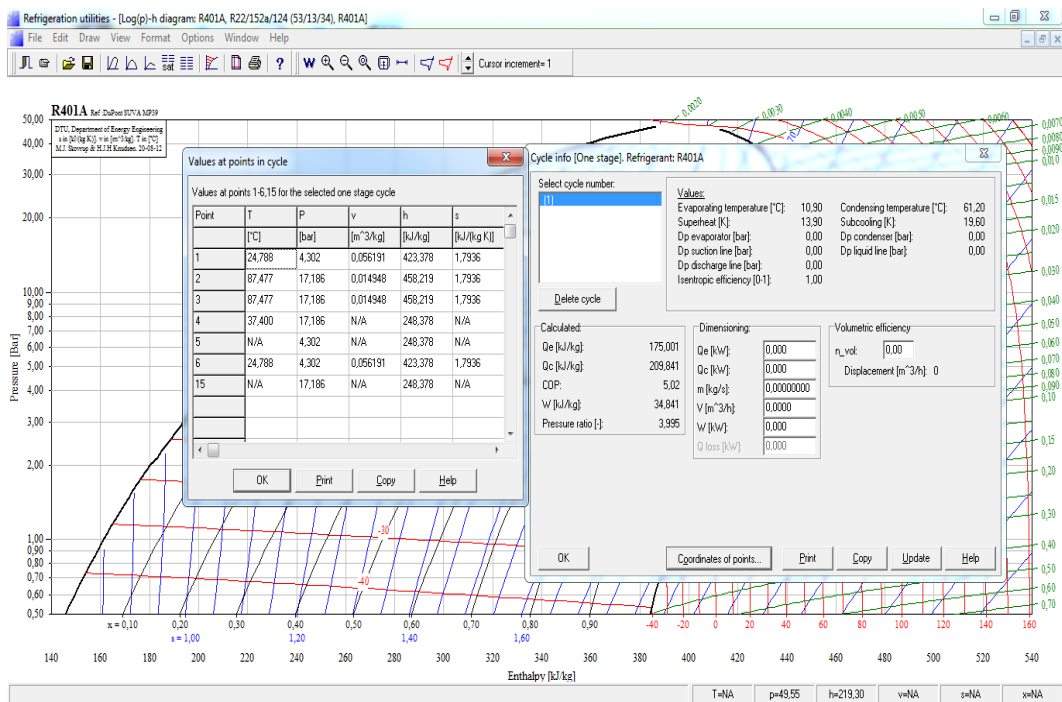


Gambar 2. Pemilihan jenis refrigeran

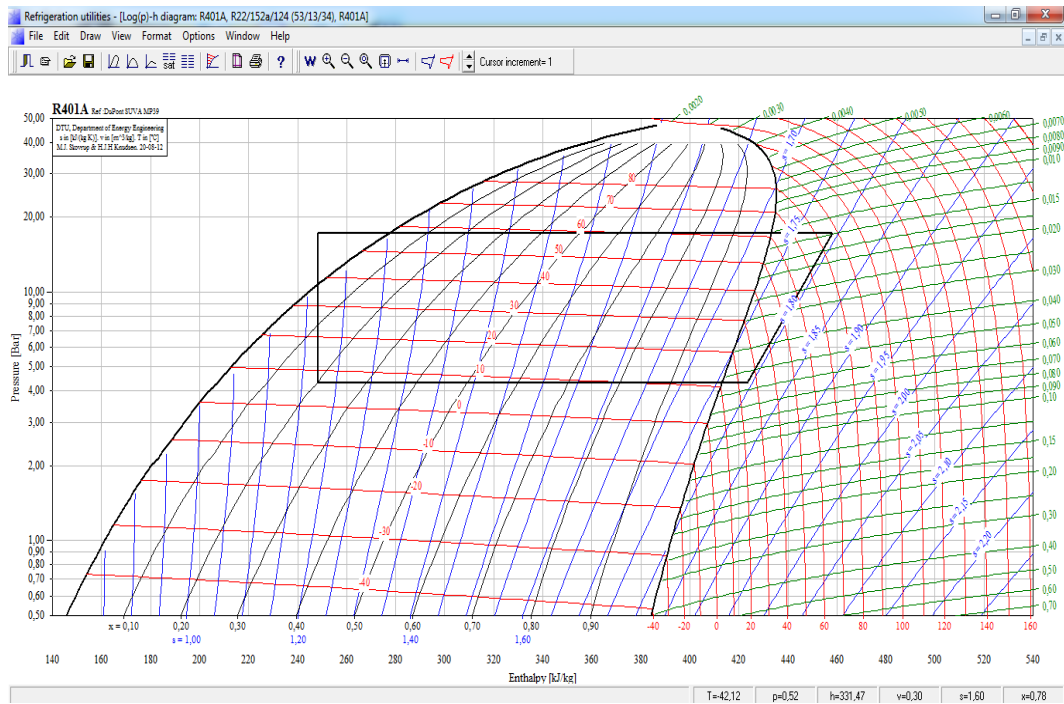




Gambar 3. Input nilai T1,T2,T3, dan T4 dengan menggunakan *software coolpack*



Gambar 4. Hasil input data temperatur hasil pengujian



Gambar 5. Hasil Diagram kompresi uap dengan *software coolpack*

## Lampiran 2. Foto Dokumentasi



Foto 1. Pembersihan Outdoor AC

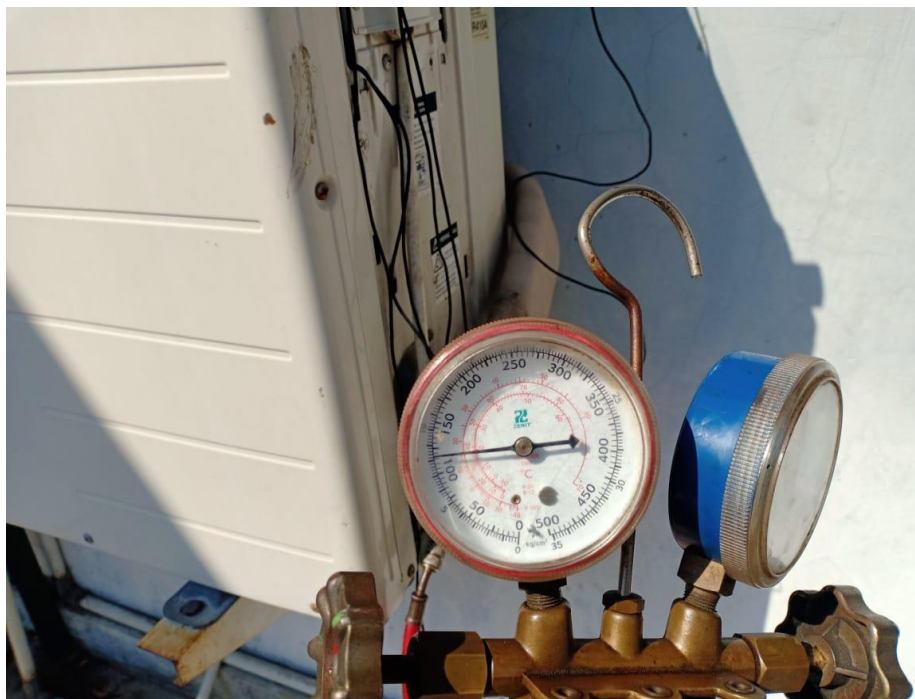


Foto 2. Pengukuran Tekanan dengan *charging manifold*

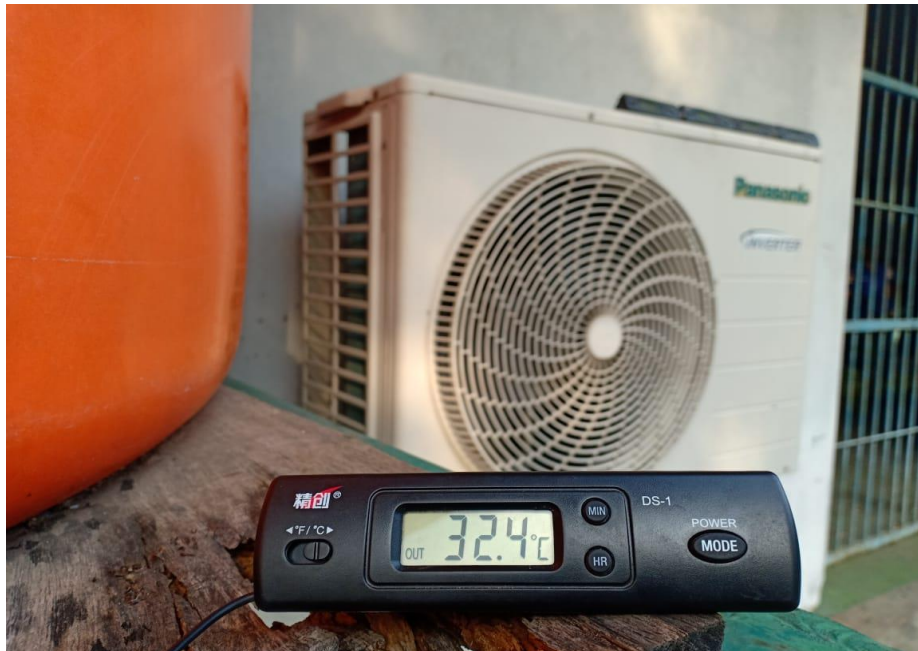


Foto 3. Pengukuran Suhu Luar Ruangan

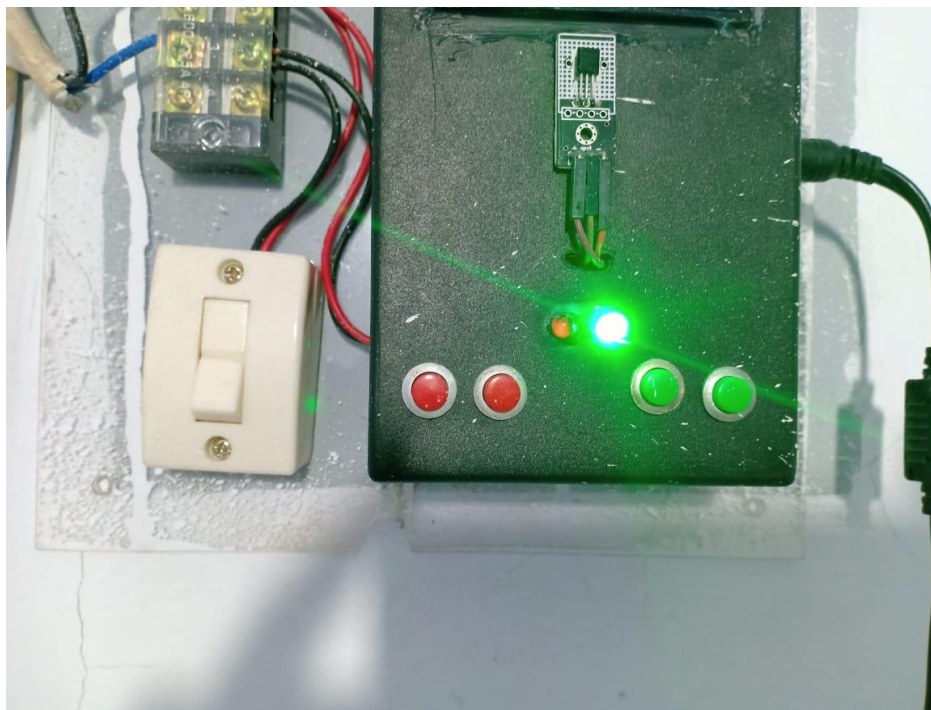


Foto 3. Lampu Indikator Menyala Hijau



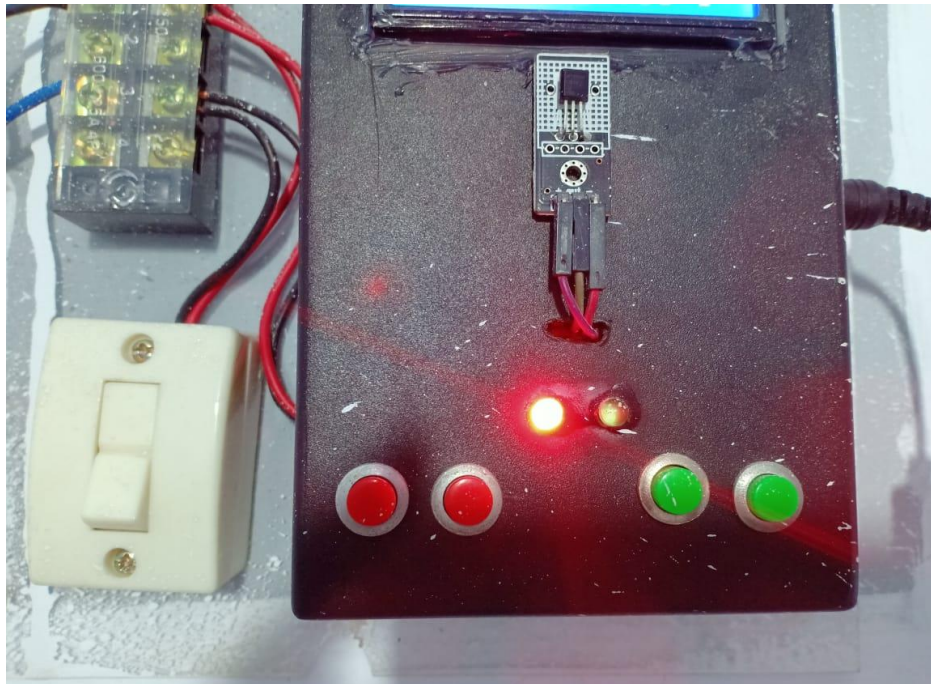


Foto 3. Lampu Indikator Menyala Merah

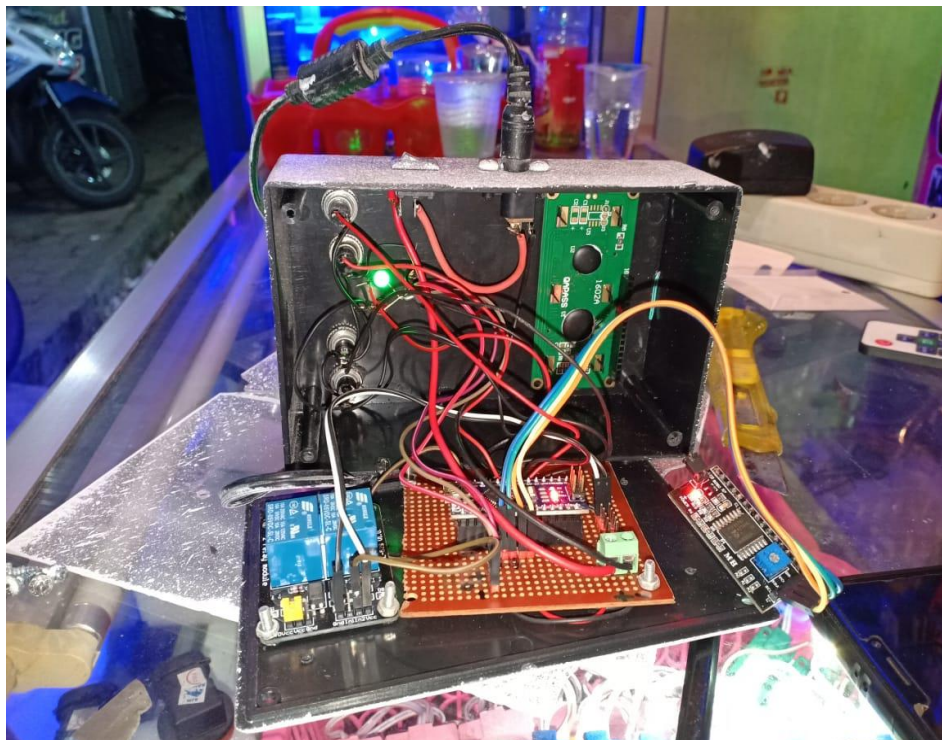


Foto 3. Perakitan Komponen Sensor